



Revista CENIC. Ciencias Químicas

ISSN: 1015-8553

editorial.cenic@cnic.edu.cu

Centro Nacional de Investigaciones
Científicas
Cuba

Vicente-Murillo, Roxana; Marrero-Delange, David; Rodríguez-Leyes, Eduardo A.;
González-Canavaciolo, Víctor L.; Sierra-Pérez, Roxana de la C.; Tirado-Morales, Susana
Determinación de compuestos volátiles en el aceite de Roystonea regia sometido a
degradación forzada

Revista CENIC. Ciencias Químicas, vol. 48, núm. 1, 2017, pp. 83-89
Centro Nacional de Investigaciones Científicas
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181654080003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Determinación de compuestos volátiles en el aceite de *Roystonea regia* sometido a degradación forzada

Roxana Vicente-Murillo, David Marrero-Delange, Eduardo A. Rodríguez-Leyes, Víctor L. González-Canavaciolo, Roxana de la C. Sierra-Pérez y Susana Tirado-Morales.

Centro de Productos Naturales del Centro Nacional de Investigaciones Científicas Ave 25 y 158, Cubanacán, Playa, Apdo. Postal: 6414, La Habana, Cuba. e-mail: roxana.vicente@cnic.edu.cu

Recibido: 04 de julio de 2017.

Aceptado: 11 de diciembre de 2017.

Palabras clave: *aceite, compuestos volátiles, Roystonea regia*

Key words: *oil, volatile compound, Roystonea regia*

RESUMEN. El aceite de *Roystonea regia* es la materia prima para la obtención del D004, ingrediente farmacéutico activo que se utiliza en la prevención y tratamiento de la hiperplasia prostática benigna. Este aceite está constituido principalmente por una mezcla de ácidos grasos con más de un 40 % de insaturados. La degradación de estos últimos genera un gran número de compuestos, los cuales pueden provocar cambios en las propiedades organolépticas del aceite y afectar su calidad. Entre estos compuestos, los volátiles son los de menor concentración y son los que mayor afectación provocan en el aroma del aceite. Debido a la falta de conocimiento sobre los compuestos volátiles que podrían ser generados por esta degradación, muestras de este aceite se sometieron a degradación forzada: oxidación (peróxido de hidrógeno), fotooxidación (luz UV a 254 nm) y termo-oxidación (80 °C, 110°C y 185 °C), se les determinaron los compuestos volátiles por la técnica de *headspace* cromatografía de gases acoplada a espectrometría masas y sus resultados se compararon con el de una muestra sin degradar. Se determinó que la termo-oxidación a 110 °C fue el proceso que generó la mayor cantidad de compuestos volátiles, en el extracto estudiado, detectándose la presencia de los compuestos 2-hexenal, 2-heptenal, 2-hexanona, 2-heptanona, 2-hepteno, tolueno, octano, 1-pentanol y pentilfurano en el aceite degradado. Se comprobó que las concentraciones de algunos compuestos presentes en la fracción volátil del aceite sin degradar, como pentanal, hexanal, heptano y octano, aumentaron con el avance de la degradación.

ABSTRACT. *Roystonea regia* oil is the raw material for obtaining D004, an active pharmaceutical ingredient used in the prevention and treatment of benign prostatic hyperplasia. This oil consists mainly of a mixture of fatty acids with a more than 40 % of unsaturates. The degradation of the latter generates a large number of compounds, which can cause changes in the organoleptic properties of the oil and affect its quality. Among these compounds, although the volatiles are those of lower concentration, they are those that greatly affect the aroma of the oil. Due to the lack of knowledge about the volatile compounds that could be generated by this degradation, samples of this oil were subjected to forced degradation: oxidation (hydrogen peroxide), photooxidation (UV light at 254 nm) and thermo-oxidation (80 °C, 110 °C and 185 °C), the volatile compounds were determined by the headspace technique gas chromatography coupled to mass spectrometry and their results were compared with that of an undegraded sample. It was determined that the thermo-oxidation at 110 °C was the process that generated the largest amount of volatile compounds, in the studied extract, the presence of 2-hexenal, 2-heptenal, 2-hexanone, 2-heptanone, 2-heptene, toluene, octane, 1-pentanol and pentylfuran in the degraded oil were detected. It was found that the concentrations of some compounds present in the volatile fraction of the undegraded oil, such as pentanal, hexanal, heptane and octane, increased with the advance of degradation.

INTRODUCTION

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría masas (CG-EM) y la cromatografía líquida de alta resolución, han sido empleadas en el análisis de compuestos volátiles en muestras de aceites vegetales. Estas técnicas son muy efectivas para la separación y determinación de estos componentes minoritarios.¹⁻⁴ Adicionalmente se ha empleado el método *headspace* estático para el control de la rancidez, degradación de sus ácidos grasos (AG), en los aceites vegetales.^{1,3} La degradación de los AG genera una gran variedad de compuestos volátiles, en cuya determinación influye el tipo de aceite a analizar, los AG que lo componen, el método de extracción empleado, así como las condiciones del sistema cromatográfico, las que pueden modificar la resolución y elusión de estos compuestos.¹⁻³ La

degradación de los aceites vegetales se evalúa, sometiendo los mismos a una alteración artificial bajo condiciones controladas y su control analítico se desarrolla mediante una toma regular de la muestra degradada.^{1,3,5}

De los frutos de *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook, se obtiene un aceite, a partir del cual se ha desarrollado un ingrediente farmacéutico activo que se utiliza en la prevención y tratamiento de la hiperplasia prostática benigna.⁶⁻⁸ El aceite de *R. regia* está compuesto principalmente por una mezcla de AG entre 8 y 18 átomos de carbono.⁹ La presencia de AG insaturados como palmitoleico, oleico y linoleico, en esta mezcla, pudiera propiciar la ocurrencia de procesos de degradación. Teniendo en cuenta que hasta el presente se desconocen los compuestos volátiles que se pueden generar por la degradación de este aceite, en el presente trabajo se determinaron los compuestos volátiles que se forman al someter dicho aceite a degradación forzada por diferentes métodos.

MATERIALS AND METHODS

Se empleó el lote piloto E-0115 de aceite (86,4 % de AG totales), obtenido en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba. Muestras de este aceite fueron sometidas a condiciones de oxidación (peróxido de hidrógeno al 30 %, Sigma, EUA), fotooxidación, y termo-oxidación a 80 °C y 185 °C, según metodología empleada por Vicente y colaboradores.¹⁰ Posteriormente, a estas muestras se les determinó el contenido de compuestos volátiles.

Adicionalmente, muestras de este lote fueron sometidas a termo-oxidación a 110 °C, para lo cual se pesó aproximadamente 1g de aceite en viales de 10 mL (n=16), se cerraron herméticamente y se pusieron en un termostato a 110°C. A la primera hora se sacó un vial y se analizó el contenido de volátiles. Los siguientes muestreos y correspondientes análisis se realizaron al cabo de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 24, 30, 48, 72 y 96 h.

Determinación de compuestos volátiles por *headspace*-CG-EM

El análisis de los compuestos volátiles se realizó a partir de 1 g de muestra, el cual se pesó en un vial de 10 mL (n = 3). El vial se tapó, se selló herméticamente y se calentó durante 1 h a 80 °C. Transcurrido este tiempo, se tomó manualmente 1 mL de la fase gaseosa con una jeringuilla *headspace* (5 mL, SGE, Australia), y se inyectó en el CG-EM, con temperatura constante del inyector. La determinación de los compuestos detectados se realizó a partir del porcentaje de desecación (cantidad de compuestos que se evaporan) del lote, el cual fue de 2 %. Los resultados se informaron en microgramos por gramo de aceite.

La determinación de los compuestos volátiles se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases 6890N con detector de masas, 5975 B inert (Agilent, USA) acoplado a una computadora. La programación fue de 40 °C (3 min isotérmico) hasta 80 °C a 4 °C/min, y de 80 °C hasta 300 °C (2 min isotérmico) a 35 °C/min. El flujo del gas portador (helio) fue de 0,7 mL/min (30 cm/s velocidad lineal). El inyector, en modo *splitless*, se mantuvo a 250 °C. Las temperaturas de la interfase, fuente de ionización y cuadrupolo fueron 250, 230 y 150 °C respectivamente. La energía de ionización fue de 70 eV y la adquisición se realizó desde 20 a 600 m/z. Los espectros de los compuestos volátiles presentes en los aceites degradados y sin degradar se compararon con los de la biblioteca NIST 11 del CG-EM.

RESULTS AND DISCUSSION

Determinación de compuestos volátiles por *headspace*-CG-EM

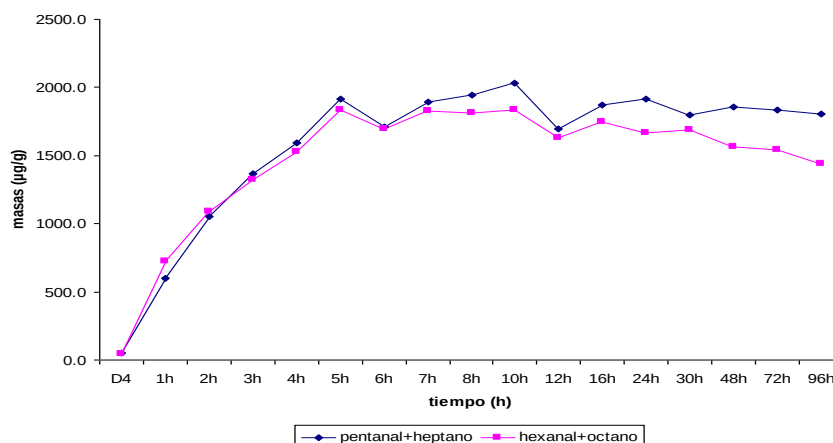
Al analizar por CG-EM todas las muestras, se pudo encontrar como compuestos mayoritarios y en concentraciones similares los componentes: 3-metilpentano, 2-metilpentano, hexano, metilciclopentano y ciclohexano, los cuales habían sido determinados previamente en el hexano comercial, empleado en la obtención de este aceite.¹¹ Además, se encontraron los compuestos pentanal, heptano, hexanal, ciclohexanona, hexanoato de etilo, undecano y 2-decanona, los cuales habían sido detectados previamente en la fracción volátil del aceite de *R. regia* obtenida por hidrodestilación;¹² mientras que, la 2-heptanona, el octano, el 1-pentanol y el 2-hepteno solo fueron detectados en las muestras sometidas a degradación forzada (Tablas 1 y 2), exceptuando las sometidas a Termo-oxidación a 185 °C, donde no se detectaron estos dos últimos compuestos. De los compuestos detectados, el 1-pentanol y hexanal están considerados productos de degradación del ácido linoleico,⁴ y han sido detectados en los aceites degradados de otras palmáceas, pero igualmente en muy bajas concentraciones.^{13,14}

Varios autores han demostrado que los alcoholes se convierten en aldehídos, debido a las reacciones de oxidación,¹⁵ que ocurren principalmente cuando los aceites son calentados.^{13,16-18} Esto pudiera explicar los resultados observados con respecto a la concentración del pentanal, la cual se incrementa cuando las muestras son sometidas a degradación térmica (Tablas 1 y 2, y Fig. 1). De manera similar, el heptano y hexanal+octano también mostraron un incremento en sus concentraciones después de ser sometidas a degradación forzada, principalmente en las muestras sometidas 185 °C (Tabla 1) y a 110 °C (Tabla 2). A 110 °C se pudo observar claramente este comportamiento, y las concentraciones de estos productos de degradación alcanzaron sus máximos a las 10 h, momento a partir del cual empezaron a decrecer lentamente (Fig. 1).

Tabla 1. Contenido promedio de volátiles ($\mu\text{g/g}$) en muestras de aceite de *R. regia* sin degradar y degradadas

Compuestos	tr (min)	Condiciones de estrés				
		Sin degradar	Fotooxidación	Oxidación	Termo-oxidación a 80 °C	Termo-oxidación a 185 °C
hidrocarburo NI	3,166	25,6	29,1	36,5	25,2	ND
2-hepteno	3,404	ND	11,0	19,6	12,0	ND
pentanal+heptano	3,541	49,2	105,5	369,3	106,2	1 081,1
1-pentanol	5,011	ND	50,0	8,5	15,0	ND
octano	5,879	ND	48,6	17,5	17,4	398,5
hexanal	5,919	42,9	148,8	272,5	150,4	407,5
2-heptanona	9,001	ND	27,0	8,4	31,0	96,5
ciclohexanona	9,03	24,2	86,3	37,8	69,4	250,7
hexanoato de etilo	13,17	ND	7,1	ND	6,0	ND
2-nonanona	14,85	ND	8,2	ND	4,2	ND
undecano	14,91	ND	4,7	ND	2,9	ND
2-decanona	15,81	ND	4,2	ND	0,0	ND

ND: no detectado

**Fig. 1.** Contenidos de pentanal+heptano y hexanal+octano ($\mu\text{g/g}$) al someter el aceite a 110 °C

En las muestras analizadas, se pudo apreciar que no se lograron separar algunos compuestos que co-elúan formando pares críticos (pentanal+heptano y hexanal+octano), por lo que se tuvo que aplicar la técnica de extracción de iones o fragmentografía de masas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a 80 °C y 185 °C, y como parte de los estudios de termo-oxidación, se decidió someter muestras a 110 °C, temperatura máxima a la cual es sometido el aceite de *R. regia* durante su proceso de obtención. En las muestras degradadas por Termo-oxidación a 110 °C se detectó la mayor cantidad de compuestos volátiles (Tabla 2), lo cual pudo estar influenciado por el tiempo de muestreo o porque esa temperatura es la idónea para la descomposición de los hidroperóxidos en este aceite, y por tanto, se genera la mayor cantidad de volátiles. De estos, la 2-hexanona, 2-hexenal, 2-heptenal, tolueno y pentilfurano, fueron detectados por primera vez en muestras degradadas del aceite de *R. regia*, lo que pudiera indicar que estos compuestos, al igual que los encontrados en las otras muestras degradadas: 2-heptanona, el octano, el 1-pentanol y el 2-hepteno, son productos de la oxidación de los AG insaturados del aceite de *R. regia*, tal y como ha sido descrito para los aceites vegetales.^{1,3,19,20}

Tabla 2. Contenido promedio de volátiles (µg/g) en las muestras de aceite expuestas a 110 °C desde 1 hasta 96 h

Compuestos	tr (min)	Tiempo de exposición del aceite a 110 °C												
		1 h	2 h	3 h	5 h	7 h	8 h	10 h	16 h	24 h	30 h	48 h	72 h	96 h
Aldehídos														
pentanal+heptano	3,5	597,5	1055,5	1368,1	1911,9	1890,7	1941,7	2030,8	1868,5	1916,2	1795,6	1857,1	1837,4	804,4
hexanal+octano	5,9	720,5	1089,0	1321,8	1836,4	1824,2	1809,9	1832,5	1748,4	1665,7	1692,1	1564,1	1545,0	1439,4
2-hexenal	7,7	ND	ND	7,5	8,3	14,6	13,4	8,0	10,3	5,5	ND	ND	5,9	2,1
heptanal	9,4	21,6	39,9	54,8	76,3	89,9	89,2	64,3	73,5	71,7	40,7	51,1	59,7	56,3
2-heptenal	11,5	10,3	20,1	36,3	34,8	60,4	53,7	25,0	30,1	25,2	20,2	11,8	23,8	18,0
benzaldehído	11,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1871,3	290,6	207,2	13,0	0,0	22,3	11,6
octanal	13,2	10,5	19,4	23,8	39,4	44,4	43,6	25,0	36,8	34,9	19,5	21,4	30,5	23,1
2-octenal	14,4	ND	ND	ND	11,9	9,3	12,5	10,1	6,6	7,6	3,3	8,6	4,2	4,4
nonanal	15,0	6,5	11,7	25,6	32,1	37,5	35,6	17,2	25,9	27,0	15,6	11,9	22,9	19,4
2-decenal	16,3	ND	4,7	19,3	22,6	20,0	13,2	10,7	11,0	4,8	9,8	4,6	2,0	2,8
2,4-decadienal	16,6	ND	ND	7,6	18,2	13,9	7,0	5,0	4,1	0,0	2,5	0,0	1,6	2,2
2-dodecenal	16,8	ND	ND	11,1	67,2	27,2	7,3	17,9	12,7	12,5	7,7	3,9	0,7	1,0
Cetonas														
2-hexanona	5,6	16,6	11,9	18,8	34,3	33,8	36,0	38,3	33,5	35,1	30,5	30,6	31,2	29,5
2-heptanona	9,0	51,1	65,4	65,3	83,1	85,3	78,1	75,4	71,6	81,4	58,2	54,6	74,1	62,8
ciclohexanona	9,1	124,1	107,9	138,0	60,4	126,0	107,5	74,9	90,7	66,1	55,0	49,2	86,2	75,2
2-nonanona	14,8	20,4	21,1	32,9	25,9	37,3	31,9	15,4	26,0	26,2	13,5	15,5	24,2	18,9
2-decanona	15,8	9,2	12,0	37,2	29,3	36,2	24,3	24,5	19,6	16,7	24,4	11,0	9,6	5,4
Alcohol														
pentanol	5,0	26,6	40,2	63,8	23,8	74,7	58,2	19,2	7,3	13,4	14,1	11,3	12,6	11,5
Derivado furano														
2-pentilfurano	12,8	45,5	70,8	96,5	148,7	158,8	148,9	110,9	125,5	118,0	68,1	77,5	99,5	82,3

ND: no detectado.

Tabla 2. Contenido promedio de volátiles ($\mu\text{g/g}$) en las muestras del aceite expuestas a 110 °C desde 1 hasta 96 h (Continuación).

Compuestos	tr (min)	Tiempo de exposición del aceite a 110 °C												
		1 h	2 h	3 h	5 h	7 h	8 h	10 h	16 h	24 h	30 h	48 h	72 h	96 h
Hidrocarburos														
3-metilpentano	2,2	643,0	629,5	567,8	573,8	565,6	583,2	526,6	535,6	546,4	546,0	534,4	481,2	588,9
2-metilpentano	2,3	1095,1	1040,3	911,4	920,3	966,8	953,1	868,5	918,6	915,1	898,9	883,9	1090,6	987,8
hexano	2,4	5316,7	5072,7	4806,3	4700,1	4417,6	4555,8	4565,7	4489,9	4654,3	4812,7	5033,0	4891,3	5028,4
2,2-dimetilpentano	2,6	26,5	19,3	40,6	38,3	19,6	24,5	37,2	25,3	22,6	63,7	26,7	14,1	24,7
metilciclopentano	2,7	6262,2	5864,4	5449,5	5329,5	4978,0	5088,1	5148,5	5069,2	5174,2	5353,8	5623,8	5446,1	5544,4
ciclohexano	3,0	4742,9	4398,7	4031,0	3986,7	3813,4	3879,6	3886,7	3804,7	3819,2	3865,2	3867,6	3889,9	3922,8
hidrocarburo	3,2	41,1	38,7	37,1	42,7	35,6	28,3	25,5	32,8	31,9	37,9	28,1	29,0	24,2
2-hepteno	3,4	26,1	36,0	36,8	36,7	50,2	49,6	56,3	43,4	45,4	47,5	41,8	41,4	42,1
tolueno	5,0	18,6	15,5	14,3	15,0	12,6	12,5	15,6	14,3	ND	ND	ND	ND	ND
tetracloroetileno	6,2	23,7	24,1	17,8	19,6	21,0	22,6	18,0	18,0	18,8	14,9	14,4	16,8	13,4
nonano	9,3	9,6	13,4	15,3	15,3	19,3	20,7	19,0	18,0	18,4	16,5	8,3	15,7	15,1
decano	13,1	4,7	6,4	5,3	6,2	6,9	8,4	5,8	6,0	5,8	4,4	5,0	4,4	4,3
undecano	14,9	5,6	6,2	6,6	7,4	10,2	8,5	4,2	7,6	7,3	3,3	3,7	6,3	6,0
Ésteres														
Hexanoato de etilo	13,2	20,8	21,9	27,5	23,4	32,9	29,3	13,5	25,6	24,3	15,2	13,7	20,4	13,2
Octanoato de etilo	15,8	14,6	20,4	47,9	52,7	36,8	34,2	20,0	29,2	23,5	20,0	16,9	17,0	16,8
Dodecanoato de etilo	16,9	3,2	2,5	9,5	22,0	13,0	7,2	8,4	2,6	5,8	5,8	7,1	3,5	4,8
Dodecanoato de etilo	17,7	34,8	64,5	96,6	217,5	94,0	62,5	104,3	105,0	83,9	101,8	36,4	40,3	31,2
Tetradecanoato de etilo	18,4	3,0	3,7	4,6	18,1	7,0	2,7	7,6	9,6	5,7	13,0	4,5	3,7	4,9
Ácidos														
ácido hexanoico	12,9	ND	13,2	96,7	16,9	ND	14,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ácido octanoico	15,7	23,1	171,5	115,6	327,2	80,0	145,2	68,9	155,1	52,6	68,8	8,4	3,2	4,4
ácido dodecanoico	17,6	16,8	68,9	77,1	616,4	143,8	133,0	110,2	190,1	203,9	221,2	48,7	84,1	65,5

Los otros compuestos detectados a 110°C, ya se habían determinado con anterioridad en la fracción volátil obtenida por hidrodestilación.¹² Las cetonas 2-hexanona y 2-heptanona, y el pentilfurano presentaron un comportamiento similar al de los dúos pentanal+heptano y hexanal+octano (Figuras 1 y 2). El aumento de la concentración en el tiempo de estos compuestos pudiera estar influenciado por el proceso de degradación de los AG insaturados,^{1,20} presentes en este aceite. Adicionalmente se detectaron compuestos que solo aparecen en algunas muestras, como el ácido acético a las 3, 7 y 8 h, y otros compuestos aparecieron en tan bajas concentraciones que fue difícil su identificación y cuantificación.

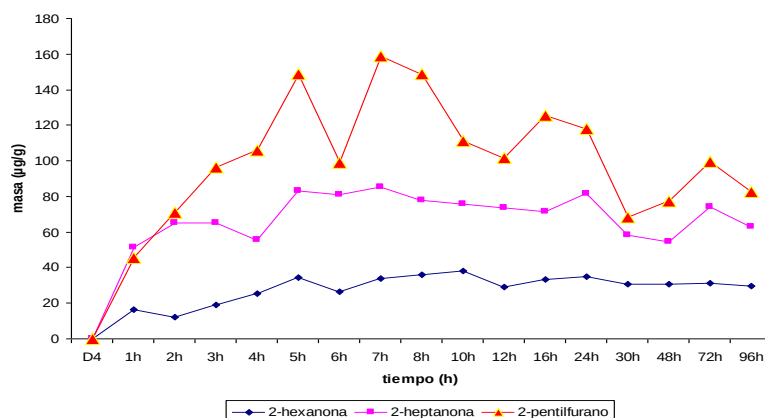


Fig. 2. Contenidos de 2-hexanona, 2-heptanona y 2-pentilfurano (µg/g) al someter el aceite a 110 °C

Los aldehídos detectados en este estudio han sido detectados en la fracción volátil de aceites vegetales,¹⁹⁻²² mientras que el pentilfurano ha sido detectado junto a otros 2-alkilfuranos (C₄₋₅) en el aceite de palma oxidado.^{13,21-23} Los hidrocarburos pentano, heptano, octano, undecano, dodecano, tridecano, tetradecano y octadecano también han sido encontrados en otras palmáceas.^{13,22,23} Varios autores refieren la presencia de estos compuestos en la fracción volátil de los aceites vegetales debido a procesos de degradación que ocurren al calentarlos o exponerlos a altas concentraciones de oxígeno.^{1,2,4} Dichos factores pudieran influir también en la aparición de estos compuestos en el aceite de *R. regia*, ya que durante su proceso de obtención se aplica calor en diferentes etapas.

Discusión general

Al emplear la técnica *headspace*-CG-EM, se pudieron identificar y cuantificar de forma relativa los compuestos volátiles formados en el aceite degradado forzosamente por oxidación, termo-oxidación y fotooxidación. Dichos compuestos se consideran productos secundarios de la degradación de los AG insaturados, los que en una primera etapa de degradación se convierten en hidroperóxidos. Los resultados encontrados en las muestras de aceite degradadas fueron lógicos y consecuentes con las condiciones de estrés empleadas, estando en concordancia con lo informado en la literatura para los aceites vegetales degradados. Lo anterior evidencia que las condiciones de estrés impuestas lograron la degradación del aceite de *R. regia*, el cual presenta un patrón de degradación similar a la de otros aceites vegetales.^{1-4,19}

Se determinó que la termo-oxidación a 110 °C fue el proceso que generó la mayor cantidad de compuestos volátiles y en las muestras degradadas se determinaron por primera vez los compuestos: 2-hexenal, 2-heptenal, 2-hexanona, 2-heptanona, 2-hepteno, tolueno, octano, 1-pentanol y pentilfurano. Además, se pudo comprobar que las concentraciones de algunos compuestos como los dúos pentanal+heptano y hexanal+octano, presentes en la fracción volátil del aceite sin degradar, aumentan con el avance de la degradación por lo que su determinación pudiera tomarse como criterio de la degradación de este aceite.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se pudiera establecer para el control de rutina de los productos de degradación de este aceite la determinación de los compuestos volátiles pentanal+heptano, hexanal+octano, 2-hexanona, 2-heptanona y 2-pentilfurano por *headspace*-CG-EM, debido a que dicho método permite un seguimiento de la degradación de dicho aceite desde estadios muy iniciales.

CONCLUSIONES

Se determinaron por *headspace*-CG-EM los compuestos volátiles que aparecen en el aceite de *Roystonea regia* cuando este es sometido a degradación forzada aplicando diferentes métodos. De ellos, se determinaron por primera vez los compuestos: 2-hexanona, 2-heptanona, octano, 2-hepteno, 2-pentilfurano y 1-pentanol, los cuales están considerados como productos de la degradación de los aceites vegetales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Navas JA. Optimización y control de la calidad y estabilidad de aceites y productos de fritura [Tesis en opción del título de doctor en Farmacias]. Barcelona, Universidad de Barcelona; octubre; 2005. [Consultada: 15 de marzo de 2013]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/25509287/29/II-6-6-2-Indice-de-carbonilos>.
2. Hill SE, Krishnamurthy RG. Cooking Oils, Salad Oils, and Dressings. En: Fereidoon Sh, editor. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Sixth Edition, Six Volume, New Yersi: John Wiley & Sons, Inc.: 2005.
3. Ligor M, Buszewski B. The comparison of solid phase microextraction-GC and static headspace-GC for determination of solvent residues in vegetable oils. J. Sep. Sci. 2008; 31:364-71.
4. Frankel EN. Lipid oxidation. The Oily Press Ltd. Glasgow, UK: 1998a: p.79-98.
5. Anwar F, Chatha SAS, Hussain AI. Assessment of oxidative deterioration of soybean oil at ambient and sunlight storage. Grasas y Aceites. 2007;58(4):390-5.
6. Guzmán R, Illnait J, Mas R, Pérez Y, Fernández L, Mendoza S, *et al.* Comparative effects of *Roystonea regia* (D-004) and *Saw palmetto* lipid extracts on blood oxidative variables in men with benign prostate hyperplasia (BPH). IOSR PHR. 2013;3(7):1-8.
7. Guzmán R, Fragas R, Illnait J, Mas R, Fernández L, Pedroso M, *et al.* Effects of *Roystonea regia* (D-004) and *Saw palmetto* lipid extracts in men with symptomatic benign prostatic hyperplasia. IOSR PHR. 2013;3(6):7-14.
8. Laguna AM, Rodríguez EA, Más RM, Carbajal D, Arruzazabala ML, Molina V, *et. al.*, inventores. Composición farmacéutica y procedimiento para el tratamiento y prevención de la hiperplasia prostática y la prostatitis a partir de los frutos de roystones regia (palma real). Oficina Cubana de la Propiedad Industrial No. 2004-082696A1.
9. Rodríguez EA, Sierra RC, González VL, Marrero D, Vicente R. Aceite de *Roystonea regia*: estudios preliminares. Revista CENIC Ciencias Químicas. 2010;41(No. Especial).
10. Vicente R, Rodríguez EA, Marrero D, González VL, Sierra RC, Morales CL. Determinación preliminar de productos de degradación formados por auto-oxidación del extracto lipídico de *Roystonea regia*. Revista CENIC Ciencias Químicas. 2016;47:49-55.
11. Marrero D, González VL, Vicente R. Determinación de n-hexano residual en el ingrediente activo D-004 por CG-EM. Revista CENIC Ciencias Químicas. 2010;41(No. Especial).
12. Marrero D, Rodríguez EA, González VL, Vicente R. Determinación de componentes volátiles en el D-004 por CG-EM. Revista Cubana de Química. 2011;XXIII(3):75-86.
13. Kuntom AH. Identification of volatile compounds that contribute to fresh palm oil aroma and oxidized palm oil. J Oil Palm Research Elaeis.1989;1(1):53-61.
14. Narain N. Volatile compounds in Date palm fruit. ISHS Acta Horticulturae 736: III International Date Palm Conference; 2008.
15. Gonzalez-Martina MI, Vicente-Taverab S, Revillac I, Vivar-Quintanac AM, Gonzalez-Pereza C, Hernandez Hierrod JM, *et al.* The role of the canonical biplot method in the study of volatile compounds in cheeses of variable composition. Grasas y Aceites. 2016;67(1):1-8.
16. Bruneton J. Farmacognosia, Fitoquímica, Plantas Medicinales. Zaragoza: Ed Acribia S.A: 2000: p.486.
17. Berger KG, The use of palm oil in frying, Frying oil series, Malasia Palm oil Bureau. 2005.
18. Oboh BO, Fakorede MAB'. Effects of weather on yield\ components of the oil palm in a forest located in Nigeria. J Oil Palm Research. 1999;II(1):79-89.
19. Di Serio MG, Di Loreto G, Giansante L, Vito R, Melcarne G, Buttazzo C, *et al.* Influence of the nocturnal harvesting of olives from Salento (Italy) on the quality of the extra virgin olive oil. Grasas y Aceites. 2014;65(4):1-11.
20. Brkic' Bubola K, Koprivnjak O, Sladonja B, Belobrajic' I. Influence of storage temperature on quality parameters, phenols and volatile compounds of Croatian virgin olive oils. Grasas y Aceites. 2014;65(3):1-9.
21. Jayalekshmy A, Narayanan CS, Mathew AG. Volatile aroma compounds of raw and roasted palm kernel. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2006;39(1):35-45.
22. Fokou E, Kansci G, Mekoue J, Viau M, Ribourg L, Fogliano V, *et al.* Genesis of lipid oxidation and other neo-formed reaction products during frying of plantain by small-scale producers in Africa. Eurofed Graz Austria; October 2009.
23. Supatara P, Numyoot S, Mankorn K, Paitoon S. Study of the constituents and the volatile organic compounds in palm oil and biodiesel by SPME GC-MS Techniques. 29th Congress on science and technology of Thailand; October 2003.