



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

COLEGIO DE INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE

**MICROENCAPSULADO DE NUEZ (*Juglans regia*), OBTENIDO
POR SECADO POR ASPERSIÓN.**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

Ingeniero Agroindustrial

PRESENTA

JORGE ARMANDO CALDERON GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. JUAN JOSE LUNA GUEVARA

PRIMAVERA 2016

QUÍMICA

1.- INTRODUCCIÓN

A través del tiempo, la tendencia en cuanto al consumo de alimentos ha cambiado. Los consumidores actuales se preocupan cada vez más por el tipo de alimentos que adquieren y consumen, esto es debido a la gran incidencia de enfermedades crónico-degenerativas cuyas causas son bien sabidas, radican en la mayoría de los casos, en una escasa conciencia de la nutrición. Con base en lo anterior, el concepto de alimento funcional es cada vez más conocido y nombrado por los propios consumidores quienes no sólo buscan satisfacer con un alimento una necesidad fisiológica (hambre), sino también mantener un buen estado de salud. Hoy en día se ha desarrollado en el mercado nacional e internacional una amplia gama de alimentos funcionales, que además de su valor nutritivo ayudan a mantener el estado general del organismo, y tienen un efecto benéfico, terapéutico o preventivo para quienes lo consumen. Según el Código Alimentario Español y la normativa mexicana, frutos secos son aquellos frutos cuya parte comestible posee menos del 50% de agua en su composición. Se denominan frutos secos a las almendras, avellanas, macadamia, nueces, piñones y pistaches. En este grupo también se incluyen los cacahuetes y las pepitas de girasol. Todos los frutos secos tienen una composición similar en proteínas (13-26%), en carbohidratos (20%) y en lípidos (48-63%). A pesar del elevado contenido en lípidos, los frutos secos poseen una composición muy adecuada desde el punto de vista nutricional, con un predominio en el aporte en ácidos grasos insaturados, donde los ácidos oleicos y linoleico contribuyen en más del 75% del aporte graso, aunque cada variedad tiene sus propias características. La microencapsulación de componentes activos es un proceso muy atractivo, debido a su aplicación en la industria alimentaria. El objetivo principal de ésta tecnología es encapsular ingredientes, aumentar su protección, reducir la evaporación, promover un manejo más fácil

y controlar la liberación de los microencapsulados durante su almacenamiento y aplicación en alimentos. Entre los materiales que se utilizan como encapsulantes pueden mencionarse: gomas, ceras, proteínas, almidones hidrolizados, maltodextrinas, celulosa carboximetilcelulosa, entre otros. Por lo anteriormente expuesto, se propone el estudio y evaluación de microencapsulados de aceites extraídos de frutos secos: nuez de Castilla (*Juglans regia*).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La disminución de la humedad relativa y la adición de sal contribuye a la conservación de los frutos secos, el elevado contenido de lípidos intrínsecos y añadidos, determina posibles problemas de enranciamiento afectando principalmente a los ácidos grasos poliinsaturados linoleico y oleico con la consecuente aparición de peróxidos. Dichos compuestos son inestables y se descomponen en productos responsables del sabor y aroma rancios. El proceso de oxidación es autocatalítico lo que promueve que los productos finales coadyuven a la oxidación de ácidos grasos no alterados.

Las reacciones de deterioro antes mencionadas implican un problema de conservación ya que disminuyen de manera significativa la vida en anaquel de los productos. De lo anterior se desprende la necesidad de innovar en posibles alternativas que permitan el consumo de frutos secos sin que se conviertan en un riesgo para quien los consume. Una forma de proteger a los compuestos de características lipídicas presentes en los frutos secos es extraerlos en forma de aceite e incorporarlos a una matriz para desarrollar un polvo. Esto se puede lograr a través de la microencapsulación utilizando técnicas como el secado por aspersión

3. JUSTIFICACION

Una forma de proteger a los compuestos de características lipídicas presentes en los frutos secos es extraerlos en forma de aceite e incorporarlos a una matriz para desarrollar un polvo. Esto se puede lograr a través de la microencapsulación utilizando técnicas como el secado por aspersión. Aunados a los problemas de conservación antes mencionados, en general el consumo de frutos secos está por debajo de lo recomendado, ya que muy pocas personas son capaces consumirlos en cantidades suficientes de forma sistemática y durante largos periodos de tiempo. Una manera de favorecer su ingestión sería incorporarlos como ingredientes en alimentos de consumo frecuente.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

Obtener y estudiar microencapsulados de aceite nuez de Castilla (*Juglans regia*) mediante secado por aspersión

Objetivos particulares

- Determinar los parámetros físicos de la nuez de Castilla (*Juglans regia*)
- Extraer y caracterizar fisicoquímicamente los aceites obtenidos de nuez de castilla (*Juglans regia*)
- Determinar las mejores combinaciones de los agentes encapsulantes y aceite que permitan la microencapsulación.
- Determinar la estabilidad del aceite microencapsulado durante su almacenamiento

5. HIPÓTESIS

El proceso de microencapsulación conservará las propiedades fisicoquímicas del aceite obtenido de nuez de Castilla (*Juglans regia*)

6. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009 y el Código Alimentario Español (2010), se entiende por frutos secos o de cáscara, a aquellos cuya parte comestible contiene menos de un 50% de agua. Se incluyen en esta definición a la almendra, avellana, nuez de Castilla, nuez de la India, nuez de Brasil, nuez pecanera, pistache y piñón. Asimismo se consideran dentro de este grupo, a las semillas de girasol y al cacahuete debido a la similitud en sus características nutricionales que tienen con los frutos secos, Tabla I.

Tabla I. Principales frutos secos

Frutos secos	Especie	Genero	Familia
Almendra	Prunus spp.	Prunus	Rosceae
Avellana	Corylus avellana L.	Corylus	Betulaceae
Cacahuete	Arachis hipogae	Arachis	Fabaceae
Nuez de Castilla	Juglans Regia L.	Juglans	Juglandaceae
Nuez Pecanera	Carya illinoensis	Carya	Juglandaceae
Pepitas de girasol	Helianthus annuus	Helianthus	Asteroidae
Piñon	Pinus Pinea L.	Pinus	Pinaceae
Pistache	Pistacea vera L.	Pistacea	Anacardiaceae
Nuez de la India	Anacardium occidentale	Anacardium	Anacardiaceae
Nuez de Brasil	Bertholletia excelsa	Bertholletia	Leeuwardiaceae

Modificada de Meritxell et al.,(2004)

6.1 Volumen de producción mundial de los frutos secos más consumidos

El Consejo Internacional de Nueces y Frutos secos (2008) en su estimación mundial de producción, coloca a las almendras sin cáscara como el fruto seco de mayor importancia con 683.286 toneladas métricas (TM), seguidas de las avellanas sin cáscara con 512.200, anacardos o nuez de la india con 394.632, sin cáscara, Nuez con 382.675, sin cáscara y pistache 445.500, con cáscara. La producción de los otros cuatro frutos secos (nuez de Brasil, nueces de macadamia, nuez pecanera y piñones) es de alrededor de 132.918 toneladas sin cáscara. Por otra parte, la producción mundial de castaña ascendió a 1.164.959, con cáscara.

Tabla II.

Tabla II. Volumen de producción de Frutos de mayor consumo

Producto	Año	Año
	2005-2006	2006-2007
	(TM)*	(TM)*
Almendra	562,500	683,286
Nuez del Brasil	22,500	20,100
Nuez de la India o Anacardo	525,158	394,632
Avellana	394,200	512,200
Macadamia	25,090	28,030
Nuez Pecanera	88,078	69,908
Piñón	17,420	14,880
Pistache	438,800	445,500
Nuez de Castilla	368,768	382,675

Nota. * Valores expresados como toneladas métricas (TM).

Modificada Consejo Internacional de Nueces y Frutos secos 2008.

6.1.1 Principales frutos secos producidos en México y otros países.

Debido a las características orográficas del país, en México, la producción de frutos secos se ha localizado en la porción centro y norte del mismo. Según el SIAP (2008) la producción de nuez, cacahuate, piñón y pistaches representó un valor económico de producción por \$3,541,200,800, lo que se traduce en una importante derrama económica para el país.

6.1.1.1 Nuez

El nogal es nativo de las cadenas montañosas que se extienden por el centro de Asia, es posible encontrar sus orígenes y gran diversidad genética en Nepal, Tibet, China, India, la región del Cáucaso y el este de Turquía.

En el país se producen básicamente dos tipos de nuez, la de “Castilla” (*Juglans regia*) y la denominada “cáscara de papel” o “nuez pecanera” (*Carya illinoensis*), la cual es originaria de la región del Mississippi en Estados Unidos y llegando hasta el sur de México; su producción mundial se encuentra dividida principalmente en Estados Unidos (67%) y México (30%) (Salas *et al.*, 2005). La producción de nuez total en 2008 fue de 79,769.55 toneladas, destacándose Chihuahua, Coahuila, Durango y Sonora, como los productores más importantes del país. La derrama económica generada por la explotación de la nuez ascendió a \$2,960,631,600.

6.2 Producción de frutos secos en el Estado de Puebla

De acuerdo con datos obtenidos de la Secretaría de Desarrollo Rural SDR (2009), en Puebla se cultivan diferentes frutos secos. Se destacan las producciones de nuez de Castilla, pecanera, macadamia, pistache, piñón y cacahuate. En el caso de la nuez pecanera su

explotación se lleva a cabo en 12 municipios, con una producción de 3,535 toneladas, con un mínimo valor agregado que consiste en su recolección, lavado y empaquetado. De la nuez de Castilla se obtienen 883.3 toneladas distribuidas en 36 municipios y con una superficie sembrada de 184 hectáreas, destacan en su producción los municipios de San Nicolás de los Ranchos, Huejotzingo, Tetela de Ocampo y Zacapoaxtla entre otros. Algunas problemáticas que enfrentan los productores residen en las pocas alternativas de industrialización y escasa tecnología de producción. La explotación de la nuez de macadamia asciende a las 3,535 toneladas distribuidas en 12 municipios entre los que se encuentran: Xicotepec, Huauchinango, Tlaxco, entre otros. El valor mínimo agregado que se le da a esta nuez consiste en operaciones de selección, secado, quebrado y envasado.

6.3 Composición de los frutos secos

Los frutos secos destacan por su elevado contenido energético, ya que en promedio, 100 g aportan entre 560 y 640 kcal. Este importante valor energético deriva de su escaso contenido en agua y, sobre todo, de su notable cantidad de grasas: entre un 48 y un 63%. No obstante, la importancia del contenido lipídico de estos alimentos no es únicamente cuantitativa, sino cualitativa, puesto que predominan los ácidos grasos insaturados. Todos los frutos secos tienen una composición similar en proteínas (entre 13 y 27%) con un relativo valor biológico, que adecuadamente combinadas con cereales y legumbres, dan lugar a proteínas completas equivalentes a las de origen animal. Por otro lado el aporte en hidratos de carbono en la mayoría de los frutos secos, su contenido está alrededor del 20%. Asimismo, constituyen una excelente fuente de compuestos fitoquímicos, algunas vitaminas especialmente E y del grupo B, además de proveer minerales y fibra (Solà, 2004). Tabla III.

Tabla III. Composición proximal de frutos secos (g/100g) de la porción comestible

Composición	Almendra	Nuez de Brasil	Nuez de la India o Anacardo	Avellana	Nuez Macadamia	Nuez Pecanera	Piñón	Pistache	Nuez de Castilla	Cacahuete
Humedad	6.3	3.3	6.2	4.6	1.7	5.5	1.9	4.9	3.7	5.5
Proteína	21.4	14.2	19.6	17.3	8.2	8.3	13.4	20.2	14.3	24
Lípidos	47	66.4	43.2	60.6	71	69.1	65.1	44.8	64.9	50
Cenizas	3.5	3.4	2.7	2.2	1.2	1.7	2.5	3.1	1.8	2.3
Carbohidratos	23.4	12.3	27.2	13.4	13.8	13.9	13.1	28	13.7	22
Azúcares	4.8	1.5	4.9	2.9	3.0	2.8	2.7	4.6	2.3	2.5
Fibra	12.4	7.5	2.4	6.5	8.6	9.6	3.7	10.3	6.7	8
Dietética										

Modificada de: Alasalvar y Shahidi, 2009.

6.3.1 Humedad

De forma constante el contenido de humedad de los frutos cosechados es menor a 10% y varía considerablemente en función del momento de la cosecha y las condiciones climáticas durante el crecimiento y el almacenamiento. Por otro lado el bajo contenido de humedad es importante para mantener la vida en anaquel del producto y la calidad sensorial de los frutos secos; la baja humedad contribuye a prevenir el crecimiento microbiano y diversos cambios bioquímicos indeseables (Maskan y Karatas, 1999; Nanos et al., 2002).

6.3.2 Proteínas

Los frutos secos contienen una notable proporción de proteínas, ésta oscila entre el 20% en almendras y el 14% en nueces, piñones y avellanas. En los cacahuetes el contenido proteico alcanza el 24% (USDA, 2006), de este porcentaje el 0.4g/100g corresponde a nitrógeno no proteico (Venkatachalam y Sathe, 2006). Los aminoácidos más abundantes en los frutos secos son: el ácido aspártico y glutámico. Sin embargo como ocurre con otras proteínas de origen vegetal, los frutos secos presentan algunas deficiencias en su perfil aminocídico; ejemplo de lo anterior es el triptófano como primer aminoácido limitante para garantizar el correcto crecimiento de niños de entre 2 y 5 años. Sin embargo para la FAO/WHO (2007), cuando se recomienda el patrón de aminoácidos esenciales para adultos sólo la almendra es deficiente en metionina y cisteína, mientras que los demás frutos secos contienen las cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales.

6.3.3 Lípidos

Desde el punto de vista del elevado contenido en lípidos, los frutos secos poseen una atractiva composición nutricional con un predominio en el aporte en ácidos grasos insaturados, donde los ácidos oleico y linoleico suministran más del 75% del aporte graso, aunque cada variedad tiene sus propias características (Chan, 2004).

Según la composición nutricional en ácidos grasos se pueden diferenciar dos grupos de frutos secos: los ricos en ácido linoleico (18:2) como los cacahuetes, y las nueces, y los ricos en ácido oleico como las avellanas, almendras, pistaches y nueces de macadamia. Las nueces son las únicas que contienen cantidades considerables de ácido alfa-linolénico (18:3n-3) (Sleiman *et al.*, 2002; Chan, 2004) en una proporción de hasta el 6.8% del contenido graso. Por ello, se puede considerar la fuente más importante de éste ácido, después de la procedente del consumo de pescado (Albert *et al.*, 2002). Tabla IV.

Tabla IV. Composición en porcentaje de ácidos grasos en porción comestible (100g).

Ácido Graso	Almendra	Nuez de Brasil	Nuez de la India	Avellana	Nuez Macadamia	Nuez Pecanera	Piñón	Pistache	Nuez de Castilla	Cacahuete
Total de Ácidos Grasos Saturados	3.9	15.1	8.3	4.5	12.1	6.2	7.8	5.4	6.1	7
Total de Ácidos Grasos Monoinsaturados	32.2	24.6	25.5	45.7	58.9	40.8	19.1	23.3	8.9	25
Total de Ácidos Grasos Poliinsaturados	12.2	20.6	8.4	7.9	1.5	21.6	21.3	13.5	47.2	16

Modificada Alasalvar y Shahidi, 2009.

6.3.4 Carbohidratos

Los hidratos de carbono presentes en los frutos secos son en su mayoría monosacáridos y disacáridos, el contenido de este macronutriente representa en promedio el 20%, a excepción de las castañas que son más ricas en hidratos de carbono que en grasa (son más harináceas que oleosas). La sacarosa (2,3% -7,0%) es el principal azúcar simple que representa más del 95% de los azúcares totales. Otros de menor importancia son la glucosa (0% -0,27%), fructosa (0% -0,17%), maltosa (0% -0,2%), y otros en pequeñas cantidades. El contenido de azúcares varía considerablemente debido a la variedad, condiciones de crecimiento, estado de madurez y región geográfica.

6.3.5 Antioxidantes

Para Araya y Lutz (2003) el interés en la relación entre alimentación y salud, va más allá de la acción preventiva de los nutrientes en los déficits nutricionales. Lo anterior se explica por las asociaciones que se han evidenciado entre el consumo de alimentos de origen vegetal, y sus efectos preventivos sobre algunas enfermedades (Hasler, 2002). Los frutos secos son fuentes de antioxidantes, entre los cuales se encuentran los fitoquímicos, compuestos que en su gran mayoría son antioxidantes y que incluso pueden tener efectos sinérgicos con algunos nutrientes (Halverson *et al.*, 2002). Si bien no ejercen un rol nutricional, puesto que no se trata de sustancias indispensables para el organismo, su consumo supone una protección adicional contra la acción nociva de sustancias provenientes de la dieta y del entorno ambiental y que afectan la salud de la población. A este efecto de retardar y/o suprimir procesos dañinos, se le denomina en conjunto quimioprevención a través de los alimentos

que contienen carotenoides, polifenoles, vitaminas antioxidantes y otros fitoquímicos de efectos bioquímicos comprobados (Murakami *et al.*, 1998). Ver tabla V

Tabla V. Comparación de la actividad antioxidante total de porción comestible de frutos secos, tomate y arándanos.

Capacidad Antioxidante	Almendra	Nuez de Brasil	Nuez de la India	Avellana	Macadami a	Pecanera	Piñón	Pistache	Nuez de Castilla	Cacahuat e	Tomate	Arándano
Compuestos Fenólicos Totales (mg de GAE/g)^a	4.18	3.10	2.74	8.35	1.56	20.16	0.68	16.57	15.56	3.96	0.80	7.09
Capacidad Antioxidante Total (μmol de TE/g)^b	44.54	14.19	19.97	96.45	16.95	179.40	7.19	79.83	135.41	31.66	3.37	94.56
Capacidad Antioxidante Total por porción^c	1265	403	567	2739	418	5095	204	2267	3846	899	415	8983

Adaptada de: Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., and Prior, R.L., *J. Agric. Food Chem.*, 52, 4026, 2004. Nota: a Compuestos fenolicos totales, expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo (mg de GAE/g), b Capacidad antioxidante total expresada en micromoles equivalentes de trolox por gramo (μ mol de TE/g), c Capacidad antioxidante total expresada en porción comestible equivalente a 28.8g

La capacidad antioxidante de los frutos secos es debida particularmente por su fracción hidrofílica (Wu et al., 2004). Asimismo las antocianinas contribuyen a esta actividad. Gu *et al.*, (2004), determinó que las proantocianidinas (PA), se encuentran presentes en las almendras, avellana, nuez de la india, nuez pecanera, nuez de Castilla, y pistache en concentraciones importantes, destacándose la avellana y la nuez pecanera con (500.7 y 494.1 mg/100 g, respectivamente) de la porción comestible. Otros presentes en los frutos secos, son los compuestos fenolicos, quienes ven afectada su determinación debido a la frescura de la muestra, tamaño, tipo de solvente, compuesto de fenolico de referencia (Ejem. ácido gálico), y el método a utilizar en la extracción (Venkatachalam *et al.*, 2006), lo que se traduce en importantes variaciones durante su medición. Sin embargo la familia de las *Jungladanceae* que incluye a las nueces pecaneras y de Castilla, son las que presentan mayor la concentración de compuestos fenólicos, seguidas de los pistaches. Fukuda *et al.*, 2003 determinó, 16 taninos diferentes e hidrosolubles en las nueces de castilla, los cuales presentaron una actividad antioxidante similar a la del ácido gálico y ascórbico.

Asimismo, estudios recientes determinaron que se consideran fuentes importantes de lignanos a las almendras, nuez de la india y nuez de castilla, destacándose la última por su aporte de (912µg de lignano/100g de porción comestible (Smeds *et al.*, 2007).

6.3.6 Vitaminas

LasCastañas proveen las mayores cantidades de vitamina C (40,2 mg/100 g en la porción comestible), de todos los frutos secos. Las nueces de macadamia presentan las más altas concentraciones de tiamina. Mientras que las almendras son una fuente importante de riboflavina (B2), niacina (B3), ácido fólico, y α -tocoferol (vitamina E). Las nueces de Castilla

tienen el mayor contenido de ácido pantoténico (B5), mientras que los pistaches contienen piridoxina (B6). Los piñones y las nueces de la India son ricos en vitamina K. En general los frutos secos contienen a la mayoría de las vitaminas exceptuando a la vitamina A y la cobalamina (B12). Asimismo, son una buena fuente natural de vitamina E, Hay evidencias de que la vitamina E es un agente que reduce el riesgo cardiovascular y un importante anticarcinógeno, por lo que ingestas deficientes en vitamina E se han asociado a un incremento del riesgo de diferentes tipos de cáncer y por otro lado con efectos positivos en la prevención de las alteraciones vasculares (Meritxell *et al.*, 2004).

6.3.7 Minerales

Los frutos secos (a excepción de castañas y piñones) son los alimentos más ricos en magnesio; en promedio aportan 260 mg/100g, lo que supone más del 70% de las recomendaciones diarias de este mineral. Es destacable la riqueza en selenio, fundamentalmente en las nueces, dicho mineral presenta acción sinérgica antioxidante con la vitamina E lo cual es muy positivo con respecto a las enfermedades cardiovasculares (Anderson, 2001). Por el contrario, su contenido en sodio es muy bajo, por lo que son aconsejables para el control de la hipertensión arterial (vigilando, por supuesto, el posible sobrepeso u obesidad que frecuentemente acompaña al individuo hipertenso), con la excepción de aquellos frutos secos a los que se ha añadido sal durante el procesado.

6.4 Implicaciones de los componentes bioactivos de los frutos secos en el resguardo de la salud

En un reciente estudio controlado con nueces en pacientes hipercolesterolémicos de ambos sexos, se observó una reducción significativa del colesterol total y cLDL con la dieta enriquecida en nueces (alrededor de 50 g al día) en comparación con una dieta control, isoenergética y con la misma proporción de grasa total y de ácidos grasos monoinsaturados. Por tanto el efecto hipocolesteromiante de las nueces parece ser aditivo al de la dieta mediterránea (Zambón, 2000). Por tanto, existe una evidencia científica de que el consumo regular de frutos secos en general y de nueces en particular es notablemente benéfico para la salud. Además se ha visto que el consumo de frutos secos aparte de mejorar el nivel de colesterol LDL, se asocia a una disminución del número de partículas de colesterol LDLaterógenas, a una mejoría de diferentes marcadores de la inflamación y a una menor oxidación.

6.4.1 Cardiopatías

Otros estudios epidemiológicos en sujetos con enfermedad coronaria isquémica y que han sufrido infarto de miocardio, se han detectado bajos niveles de γ -tocoferol en sangre, pero no de α -tocoferol. Esto puede ser debido, entre otros factores, a que las células prefieren la captación de γ -tocoferol el cual es un antioxidante presente en las nueces y éste a su vez, favorece la captación de α -tocoferol, activando de este modo su efecto antioxidante (Gao *et al.*, 2002).

Ensayos clínicos recientemente han demostrado beneficios consistentes del consumo de nuez y cacahuete en la disminución de padecer una enfermedad cardíaca coronaria (CHD).

Así, además de un favorable perfil de ácidos grasos, las nueces y los cacahuates contienen otros compuestos bioactivos que explican sus múltiples beneficios cardiovasculares. Por lo anterior nueces y cacahuates son las fuentes de numerosos nutrientes cardioprotectores y si habitualmente son incorporados en la dieta, se espera que el riesgo de sufrir una cardiopatía coronaria disminuya considerablemente (Kriset *et al.*, 2008).

6.4.2 Cáncer

Sin embargo, debido al importante aporte de ácidos grasos poliinsaturados y de diferentes fitonutrientes, el consumo de frutos secos se ha relacionado con la disminución en la aparición de diferentes tipos de cáncer. Otros estudios sobre pacientes humanos con cáncer de próstata han demostrado que los pacientes con esta patología ingerían menores cantidades de selenio, nutriente que se encuentra en grandes cantidades en diferentes frutos secos y especialmente en las nueces de Brasil (Brooks *et al.*, 2001).

6.5. Consumo de frutos secos

En el estudio prospectivo europeo sobre cáncer y nutrición (EPIC), un estudio de 520.000 sujetos en 10 países de Europa occidental ofreció una oportunidad única para evaluar cómo se consumen nueces, cacahuates y semillas. La USDA ha analizado recientemente los datos de la ingesta alimentaria de 17.306 sujetos de 2001 a 2004 para determinar el consumo por día en nueces y cacahuates. Se determinó que el 34% de todas las personas consumen frutos secos, el 25% los consume como ingredientes en los alimentos, el 28% como mantequilla de maní, y el 6% como aperitivo (Moshfegh *et al.*, 2007).

En 2003, la FDA determinó que "las pruebas científicas sugieren pero no prueban que el consumo 42.5g por día de la mayoría de los frutos secos como parte de una dieta baja en grasas saturadas y colesterol puede reducir el riesgo de enfermedades del corazón". Los frutos secos propuestos por la citada agencia son: nueces, cacahuete, almendra, nuez de Brasil, anacardos, avellanas, macadamia, nuez pecanera, piñones, pistachos y nueces de la india.

6.6. Aceite Nuez de Castilla (*Juglans regia*)

Las nueces contienen alrededor del 65% en lípidos, sin embargo, existen diferencias considerables entre las variedades (rango: 52-70%, p/p) (USDA, 2006; Zwarts y Savage, 1999). La composición de ácidos grasos del aceite de esta nuez, es único en comparación con otros aceites de frutos secos por dos razones; el aceite de nuez contiene elevadas concentraciones de ácido linoleico (49-63%) y una considerable cantidad de ácido α -linolénico (8-15.5%). Los demás ácidos grasos incluyen al oleico (13,8 a 26,1%), palmítico (06.07 a 08.07%), y el esteárico (1.4 a 2.5%) (Zwarts y Savage, 1999). El contenido de tocoferoles varía entre los diferentes cultivos y procedimientos de extracción y oscila de entre 268 mg/kg y 436 mg/kg. En el contenido de antioxidantes el de mayor concentración es γ -tocoferol (> 90%), seguido de α -tocoferol (6%), y β y δ -tocoferoles. La fracción lípida polar está constituida por esfingolípidos 73,4% y el 26,6% corresponde a fosfolípidos. El aceite de nuez contiene aproximadamente 1,8 g/kg de fitoesteroles (USDA,2006), principalmente β -sitosterol (85%), seguido por avenasterol (7,3%), campesterol (4,6%), y, por último colesterol (1,1%). Varios grupos de investigación han estudiado la estabilidad oxidativa del aceite de nueces pecanera y de castilla demostrando que la última es fácilmente oxidable. Demir y Cetin (1999), investigaron la estabilidad oxidativa del aceite cuando es

extraída con prensa y hexano a 100 °C estimando el índice de peróxido. Los resultados mostraron que el período de inducción para el aceite de extracción con prensa fue de 3,5 h frente a los 4,5 h con la extracción por hexano. El período de inducción de los aceites de nuez pecanera fue menor en 1.5-2.0 h a los valores para el aceite de nuez castilla, como era de esperarse teniendo en cuenta la diferencia existente en la insaturación entre los dos aceites. Savage *et al.* 1999 examinaron la estabilidad oxidativa de aceites de nuez de 13 cultivos diferentes utilizando el método de Rancimat a 100 ° C, los periodos de inducción fueron de 3.9-7.8 h. Una tendencia notable en este estudio fue que la variación del período de inducción para los aceites de nuez ya que presentaban una correlación inversa con los niveles de ácido linoleico y el coeficiente de insaturación total y el contenido de tocoferoles.

Hallazgos similares fueron reportados por Oliveira *et al.*, (2002), con aceite de nuez obtenida por extracción con fluido supercrítico con dióxido de carbono comprimido. Más recientemente, Amaral *et al.*, (2003) examinaron la estabilidad oxidativa de los aceites de seis cultivos de nogalobtenido por extracción con éter de petróleo. En una serie de experimentos, estos investigadores evaluaron la estabilidad del aceite por el método Rancimat y mostraron periodos de inducción entre 2,7 y 3,3 h para los aceites utilizados. Los resultados de los estudios de estabilidad colectiva muestran que el aceite de nuez tiene una estabilidad oxidativa baja en comparación con otros aceites de frutos secos, que se puede atribuir a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados ácidos, sobre todo el ácido α -linolénico.

6.7. Microencapsulación

La microencapsulación es el proceso por el cual partículas individuales o gotas de un material activo se rodean por una cubierta para producir capsulas en el rango de micras a milímetros, conocidas como microcápsulas. Cuando las partículas poseen un tamaño inferior a 1 μm , el producto resultante del proceso de encapsulación recibe la denominación de “nanocápsulas” (Vila Jato, 1997). La microcápsula más simple posee una estructura que está compuesta por dos elementos, el material activo y una delgada pared que envuelve al primero.

El secado por aspersión consiste, en líneas generales, en atomizar el material que se encuentra en estado líquido, ya sea como disolución o como dispersión, en forma de finas gotas sobre una corriente de gas calentado. Cuando las pequeñas gotas del líquido se ponen en contacto con el gas a mayor temperatura, se produce una rápida evaporación del disolvente, formándose una fina película del material de recubrimiento (Hellman, 2000)

Durante la microencapsulación se pueden encapsular gases, sólidos y líquidos, con el objetivo de ofrecer protección al principio activo contra condiciones ambientales adversas tales como los efectos indeseables de la luz, la humedad y el oxígeno, contribuyendo así a un aumento de la vida útil del producto. Asimismo se logra una liberación controlada del compuesto encapsulado (Shahidi y Han, 1993). La liberación puede producirse como resultado del efecto del disolvente, la disolución, la resistencia de la cápsula o bajo el control de difusión (Whorton, 1995). Este último efecto está mediado por un gradiente de concentración y las fuerzas intermoleculares de atracción (Shahidi y Han, 1993), la permeabilidad es controlada por la solubilidad de la sustancia encapsulada en la matriz y por su movilidad a través del material de la pared (Reineccius, 1995).

En general, los ácidos grasos poliinsaturados pueden ser incorporados en los alimentos, pero debido a su alto grado de insaturación son difíciles de proteger contra la oxidación. La técnica

de microencapsulación ofrece la posibilidad de su protección y de controlar su liberación como ingredientes en alimentos funcionales y por lo tanto se puedan utilizar para la suplementación en alimentos. Los materiales utilizados para la formación de la pared de la cápsula pueden clasificarse en polisacáridos, lípidos, proteínas y mono, di, y de oligosacáridos, así como celulosa y sus derivados (carboximetilcelulosa, metilcelulosa). Sin embargo, no todos estos materiales son adecuados para la formación de la pared durante la microencapsulación por secado por aspersión. El desarrollo de alternativas de polímeros de bajo costo puedan ser considerados como agentes encapsulantes ejemplo de lo anterior es la goma de mezquite. Entre algunos agentes encapsulantes de características lipofílicas se encuentran: goma arábiga, almidón, goma de mezquite, pectina de remolacha azucarera, y de proteínas de la leche. Desgraciadamente, algunos de estos estudios carecen de una correcta caracterización del proceso y de las microcápsulas, determinación de la oxidación de los lípidos, y grado insuficiente en la eficiencia durante la microencapsulación. Casi todos los estudios disponibles son empíricos, y no hay conclusiones generales para la predicción de la idoneidad de los nuevos sistemas de encapsulado. Además, debido a las diferencias en el material del núcleo, el agente encapsulante, los parámetros del proceso y la metodología, se reducen de manera significativa la claridad de los estudios. Finalmente la oxidación de los lípidos en estado seco, es un proceso que se encuentra lejos de entenderse.

7. METODOLOGIA

Con base a los objetivos planteados se presenta el siguiente plan de investigación.

7.1 Determinación de las características fisicoquímicas de la nuez de castilla

Se determinarán las características físicas de los frutos secos que incluyen al color, tamaño y porcentaje de contenido comestible, grados de calidad. Y se realizarán análisis proximales para determinar: humedad, proteína, carbohidratos, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas.

7.2 Extracción y caracterización fisicoquímica de aceites obtenidos de nuez de castilla

Se obtendrán aceites de los frutos secos mediante la utilización de dos procesos de extracción: mecánica y por solvente y se evaluará su rendimiento, color, densidad relativa, punto de fusión e índice de refracción. Los aceites se analizarán con base en la acidez libre, índice de yodo, índice de peróxido, humedad, actividad antioxidante y determinación del perfil de ácidos.

7.3 Elaboración de soluciones y emulsiones con diferentes proporciones de los agentes encapsulantes: (*Prosopisvetulina*), goma arábiga (*Acacia senegal*) y maltodextrina (*Maltadex 10 D*) para la determinación de su viscosidad

Se prepararán soluciones con diferentes proporciones de agentes encapsulantes (goma arábiga, de goma de mezquite y maltodextrina). Las emulsiones se prepararan homogenizando el aceite con las soluciones y se determinará su viscosidad.

7.4 Determinación de las condiciones óptimas de secado por aspersión y caracterización fisicoquímica del microencapsulado obtenido

Para las condiciones de secado se evaluarán dos temperaturas de entrada de 180°C y 200°C respectivamente. Determinación del rendimiento del aceite encapsulado, densidad, morfología, eficiencia del microencapsulado y estabilidad oxidativa del aceite microencapsulado.

7.5 Determinación de la estabilidad del aceite microencapsulado durante su almacenamiento

Se evaluará la estabilidad del microencapsulado en diferentes condiciones de actividad de agua tiempos de almacenamiento.

8. MATERIALES Y METODOS

La nuez de Castilla (*Junglans regia*) variedad criolla se obtuvo de Tlatlauquitepec, Puebla, México.

8.1 EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS ACEITES

8.1.1 EXTRACCIÓN: Se utilizó un extractor con tornillo helicoidal. Este método es propuesto por Benito *et al.*, 2009 y se calculó el rendimiento con la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Volumen de aceite obtenido} \times \text{densidad del aceite}}{\text{Peso de la pasta obtenida}} \times 100$$

DENSIDAD RELATIVA: Se determinó por el método planteado por Salazar 2009.

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

ACIDEZ: Se calculó por el método 940.28 del AOAC (2000).

$$\text{Grado de acidez (expresado en \% de ácido oleico)} = \frac{56.1 \times V_{\text{KOH}} \times N}{P \text{ aceite}}$$

ÍNDICE DE IODO: Se utilizó el método: 920.158 del AOAC (2000).

I_2

$$= \frac{(V \text{ de tiosulfato en blanco} - V \text{ de tiosulfato en muestra}) \times \text{Normalidad tiosulfato} \times 12.96}{g \text{ de muestra}}$$

ÍNDICE DE PERÓXIDO: Se empleó el método: 965.33 del AOAC (2000).

$$IP = \frac{\text{mL de tiosulfato para el blanco} \times \text{normalidad de tiosulfato} \times 1000}{\text{g de muestra}}$$

ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN: Se calculó por el método 920.158 del AOAC (2000).

$$IS = \frac{28.5 (B - S)}{\text{g muestra}}$$

ÍNDICE DE REFRACCIÓN: Se calculó en un refractómetro Abbé (ATAGO, Japón) a 20-25°C.

8.2 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: Se determinó por cromatografía de gases empleando la siguiente metodología: se colocaron 2 gotas de la muestra de aceite en un matraz erlenmeyer de 125 ml, se adicionaron 10 ml de solución metanólica de NaOH al 2% y se colocó a reflujo por 30 min a 140°C, posteriormente se adicionaron 5 ml de trifluoruro de boro manteniendo a reflujo 15 min mas a 140°C. Se retiró del calentamiento y se enfrió. Una vez frío se adicionaron 10 ml de agua destilada y 15 ml de pentano.

8.3. PREPARACIÓN DE LAS EMULSIONES

Para la formulación de las emulsiones se tomó como referencia lo propuesto por Calvo *et al.*, (2010) con algunas modificaciones.

Tabla VI. Formulación de emulsiones adicionadas con 1 % de aceite.

	Formulación
Ingredientes	1
Agua (%)	89.00
Maltodextrina (%)	4.72
Gelatina (%)	2.18
Goma arábiga (%)	3.10
Aceite (%)	1.00
Total de sólidos (%)	10.00

8.4 SECADO POR ASPERSIÓN

Los 2.0 kg de emulsión de cada muestra se hicieron pasar en un secador por aspersión marca Prendo

Tabla VII. Condiciones de secado y eficiencia de encapsulado

Condición	Nuez de Castilla
Temperatura (°C)	180/80
Flujo (mL/min)	17
Emulsión (kg)	2.0
Eficiencia de Encapsulado (%)	12.80

8.5 EFICIENCIA DE ENCAPSULADO EE

La determinación del porcentaje de eficiencia de encapsulado se determinó con la siguiente ecuación:

$$EE = \frac{AA}{TP} * 100$$

AA : Es el porcentaje de aceite adicionado

TP : Total de polvo obtenido

8.6 ÍNDICE DE PERÓXIDOS Y ACTIVIDAD DE AGUA

A los microencapsulados se les determinó índice de peróxidos por el método 965.33 de la AOAC (2000). La a_w se realizó usando un equipo Aqua Lab 3 TE marca Decagon (WA, EE.UU) introduciendo 3 g de polvo en el portamuestra.

8.7 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DE (DPPH⁺)

Se colocaron 0.5 g de muestra (polvo) en un matraz volumétrico y se aforaron a 10 mL con una solución acetato de etilo: etanol [80:20% (v/v)]. La mezcla se agitó durante media hora en la oscuridad a temperatura ambiente (24-26°C) y se filtró a través de papel Whatman No.

4. Preparación del radical DPPH: Se colocaron 0.4 mg de radical DPPH en un matraz volumétrico de 100 mL y se aforó con una solución acetato de etilo: etanol [80:20% (v/v)]; la mezcla se dejó reposar media hora en la oscuridad a temperatura ambiente. Evaluación de la actividad antioxidante: Se colocaron 3.9 mL del radical DPPH en tubos ámbar y se agregaron 100 μ L de la muestra. La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó reposar por 30 minutos en la oscuridad a temperatura ambiente. Se registró la absorbancia del radical DPPH sin muestra A_{sm} y con muestra A_{cm} a 515 nm. Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de inhibición (I) y la actividad antioxidante mediante el uso de las siguientes ecuaciones:

$$I = \frac{A_{sm} - A_{cm}}{A_{sm}} * 100$$

$$AA = \frac{I - b}{m} * 100$$

donde AA es la actividad antioxidante (mg de Trolox/g de polvo), m es la pendiente de la curva estándar (Abs/mg de Trolox/g de polvo) y b es el intercepto. La curva estándar se realizó con una solución estándar de Trolox (0.16 mg de Trolox/100mL de solución acetato de etilo: etanol, 80:20). La curva estándar obtenida fue $y = 2.0051(x) - 2.8046$ ($R^2=0.990$).

8.8 DENSIDAD APARENTE Y COMPACTADA

La densidad aparente (ρ_A) y compactada (ρ_C) se determinaron con ayuda de una probeta graduada de 10 ml. El volumen (V_0) se midió directamente en la probeta y se utilizó para el cálculo de la densidad aparente ($\rho_A=m_0/V_0$). Para la densidad compactada (ρ_C), al mismo polvo usado para evaluar la densidad aparente se le aplicaron ligeros golpes sobre la mesa para favorecer la salida del aire entre las partículas, hasta obtener un volumen constante (V_n). Los cálculos se realizaron con la siguiente ecuación ($\rho_C =m_0/V_n$).

8.9 MICROGRAFÍAS DE LOS MICROENCAPSULADOS

Para la toma de las micrografías se utilizó un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6610 LV (Akayshama, Japón), utilizando la técnica de electrones retrodispersados, con un voltaje de aceleración de 10 KV (Davidov-Pardo *et al.*, 2009).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 ANÁLISIS FÍSICO DE NUEZ DE CASTILLA.

COMPOSICIÓN DE NUEZ DE CASTILLA (*Junglans regia*) VARIEDAD CRIOLLA

En la tabla VIII se muestra el análisis físico, el contenido comestible fue de 45.77% clasificándose como variedad criolla de pulpa chica con tamaño de 25-28 mm, en fruto con cáscara se identificó como “grande” con tamaño de 30 a 35 mm respecto a la propuesta de Martínez (2010) y cumple con el tamaño que prefieren los consumidores al consumir este tipo de alimentos.

Tabla VIII. Análisis físico de nuez de Castilla (*Junglans regia*)

Análisis físico	
Dimensión del fruto con cáscara ^A	31.3 ± 4.4mm
Porcentaje de contenido comestible ^A	45. 25%

^AValores promedio, ±Desviación estándar

9.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS ACEITES EXTRAÍDOS

Las propiedades fisicoquímicas de cada aceite dependen de diversos factores de cosecha y postcosecha, sin embargo, un factor importante es el método de extracción. En esta investigación, la extracción se realizó en frío, considerando este método como un proceso

realizado a una temperatura menor a 50°C mediante un extractor de tornillo helicoidal. Es un método que requiere operaciones menos costosas, más seguras, de menor riesgo ambiental y se asegura la calidad fisicoquímica y nutrimental de los aceites porque al no utilizar procesos térmicos, se reduce el riesgo de generar o catalizar reacciones de oxidación o rancidez que afectan la calidad del aceite.

9.3 ACEITE DE NUEZ DE CASTILLA (*Junglans regia*)

Se muestra el análisis fisicoquímico para el aceite de nuez de Castilla y la densidad fue de 0.93 ± 0.01 g / cm³, lo que coincide con lo reportado por la USDA, (2010) y Shahidi, (2005); el índice de peróxido fue de 0.16 ± 0.1 meqO₂/kg, este valor coincide con lo establecido en el Codex Stan 210-1999 e indica que el aceite tiene una adecuada estabilidad oxidativa. El valor de acidez fue de 0.052 ± 0.01 % de ácido oleico, el valor obtenido es similar a lo reportado por la USDA, (2010) y Shahidi, (2005). Respecto al índice de Iodo, se encontró un valor de 140.89 meqO₂/kg por lo que este aceite se clasifica como semisecante. El índice de refracción es similar a lo reportado por Shahidi, (2005) y este valor nos indica el grado de pureza y degradación del aceite mientras que el índice de saponificación fue de 181.66 ± 0.2 mg KOH/g lo que indica que este aceite tiene ácidos grasos de cadena larga, estos datos se asemejan a lo reportado por Shahidi, (2005) y la USDA, (2010).

9.4 CUALIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN EL ACEITE DE NUEZ DE CASTILLA (*Junglans regia*)

Respecto al perfil de ácidos grasos para nuez de castilla, se obtuvieron valores mayores en ácido linoleico, linolénico y oleico a lo reportado por la USDA (2010).

Tabla.IX Perfil de ácidos grasos del aceite de nuez de Castilla (*Junglans regia*)

Ácidos grasos saturados		Ácidos grasos mono y poliinsaturados	
Laurico (12:0)	0.44%	Linolenico (18:3)	12.33%
Miristico (14:0)	0.31%	α -Linolenico	0.28%
Palmitico (16:0)	6.00%	Linoleico (18:2)	57.23%
Estearico (18:0)	1.23%	Oleico (18:1)	22.18%

9.5 Emulsiones

Viscosidad de emulsiones

La viscosidad de las emulsiones para la preparación de los aceites microencapsulados se ve afectada por varios factores como el contenido de sólidos y el grado de homogeneización, entre otros (Holgado, 2011). El procedimiento de homogeneización, provoca la disminución del tamaño de glóbulo del aceite, aumentando así el número de glóbulos y por tanto el área interfacial. La presencia de numerosos glóbulos de aceite puede provocar fenómenos no deseados como coalescencia y aglomeración, incrementando la viscosidad de la emulsión.

Tabla X. Viscosidad de las emulsiones y contenido de grasa de microencapsulados.

	Viscosidad	Aceite
	(mPa s)	(%)
Emulsión (1%)		
N. de Castilla	4.50±0.01	7.25±0.10

^aLetras diferentes en el mismo renglón indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

9.6 Microencapsulados

Eficiencia de encapsulado EEL

Los resultados obtenidos para microencapsulados adicionados con 1 % de aceite mostraron valores inferiores, lo que puede ser atribuible a la disminución en el porcentaje de aceite incorporado. Los valores para estas microcápsulas fueron de 12.82 % para nuez de Castilla.

9.7 Índice de peróxidos

El índice de peróxido (IP) se considera indicador de calidad y frescura de aceites; por lo anterior, es el índice más utilizado para determinar el estado de oxidación en aceites y microencapsulados almacenados a temperaturas ambiente. Durante el almacenamiento, y al finalizar el mismo se presentó un aumento importante.

Tabla X1. Índice de peróxidos en polvos

Tiempo (d)	Índice de peróxidos (meq/kg)	
	0	28
N. de Castilla	0.99±0.03 ^a	2.84±0.12 ^{b1}

^aLetras diferentes en el mismo renglón indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Los valores obtenidos del IP al final del tiempo de almacenamiento se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos para este tipo de aceites. La Normatividad Internacional (Codex Alimentarius, 2010) establece un valor máximo en índice de peróxidos de 15 meq/kg de aceite. Los resultados obtenidos en los tres tipos de frutos secos pueden deberse a las condiciones y características del método de obtención del aceite y el estado óptimo de frescura de los mismos. Consecuentemente, estos contribuyen a retardar los procesos de degradación hidrolítica, preservando importantes características fisicoquímicas que se relacionan con la calidad del aceite

9.8 Actividad antioxidante (AA) en microencapsulados

AA de polvos y aceites

Las sustancias con actividad antioxidante en aceites vegetales que destacan por su distribución relativamente ubicua, se encuentran los tocoferoles y en menor cantidad los ácidos fénolicos y polifenoles tales como flavonoides y taninos. En el caso del aceite de frutos secos, estos presentan una destacada actividad antioxidante debida en general por su aporte en vitaminas E y A, polifenoles y compuestos bioactivos como los esteroides (Kornsteiner *et al.*, 2006).

En los valores de actividad antioxidante de los microencapsulados se observó una disminución durante los 28 días de almacenamiento; cuyo valor inicial varió de 49.30 ± 0.97 a 42.83 ± 1.80 al día 28 de almacenamiento. Como ocurre en otros sistemas lipídicos multifásicos, como las emulsiones, la actividad de los antioxidantes en aceites microencapsulados no puede predecirse a partir de la actividad que muestra en el aceite en fase continua, pues su partición, distribución, interacción en los microencapsulados son factores de enorme influencia (Watanabe *et al.*, 2002). El proceso de microencapsulación pudo haber modificado las condiciones en donde los compuestos polares presentan una mayor actividad antioxidante. Los cuales son en mayor medida responsables de la actividad antioxidante presente en los aceites de frutos secos. Asimismo, durante la formación de la emulsión se incorporó aire que supone la entrada de oxígeno que promueve la formación de radicales libres y procesos de oxidación favoreciendo la disminución de la actividad antioxidante (Baik *et al.*, 2004).

9.9 Densidad aparente y compactada de microencapsulados

La densidad es de suma importancia para conocer el comportamiento de los microencapsulados en condiciones de empaquetamiento (Fitzpatrick, 2005). Los valores obtenidos de densidad aparente no presentaron diferencia significativa.

Tabla XII. Densidad aparente de microencapsulados.

	Tiempo (d)				
Microencapsulado	0	7	14	21	28
N. de Castilla	0.21±0.01 ^a	0.21±0.01 ^a	0.22±0.01 ^a	0.22±0.00 ^a	0.23±0.01 ^a

^aLetras diferentes en el mismo renglón indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

En la Tabla XIII se muestra el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la densidad compactada de los polvos. Al finalizar el tiempo de almacenamiento no se encontró diferencia ($P \geq 0.05$) en los valores del microencapsulado adicionados con aceite de nuez castilla.

Tabla XIII. Densidad compactada de microencapsulados.

	Tiempo (d)				
Microencapsulado (1%)	0	7	14	21	28
N. de Castilla	0.35±0.01 ^a	0.37±0.01 ^a	0.37±0.01 ^a	0.37±0.00 ^a	0.37±0.02 ^a

^aLetras diferentes en el mismo renglón indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Estudios recientes muestran una estrecha relación entre las condiciones de secado y la proporción de agentes encapsulantes con resultados en la modificación de la densidad de las microcápsulas (Drusch, *et al.*, 2006). Una mayor proporción de agentes encapsulantes en la emulsión de los microencapsulados provoca menores valores de densidad como ocurrió en los microencapsulados al 1%. Lo anterior puede deberse a que en estas condiciones se favorece una mayor inclusión de aire y el tiempo de secado es menor. Un polvo con fuerzas estructurales fuertes resiste al colapso cuando es dispersado en un contenedor, dando lugar a valores de densidad menores (Holgado, 2011). Un polvo con fuerte cohesión entre partículas puede colapsar significativamente, mientras que un polvo con cohesión débil entre sus partículas experimentará un aumento de la densidad compactada hasta lograr su estabilización (Holgado, 2011). Lo anterior sugiere que en las estructuras de los microencapsulados adicionados con 1% de aceite existe una mayor proporción de aire ocluido.

9.10 Micrografías de microencapsulados

Las micrografías de las microcápsulas se muestran en las Figuras 1 y 2. Estos presentaron partículas esféricas, con distintos tamaños y con un número de microcápsulas colapsadas, superficies ligeramente rugosas y con apreciable pérdida de estructura.

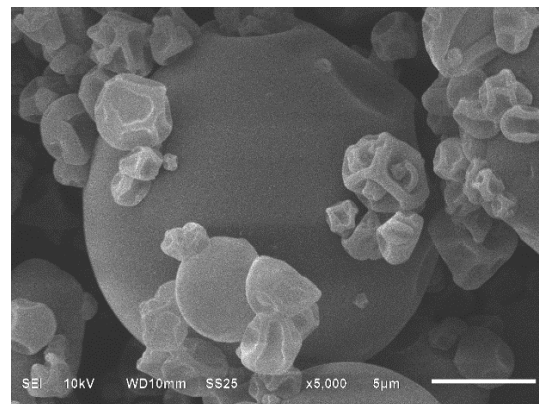
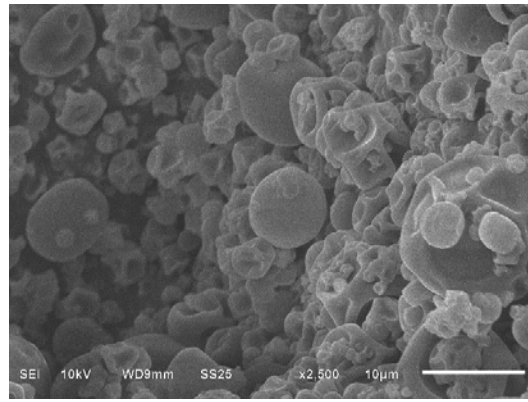


Fig. 1. Microcápsulas adicionadas con aceite de nuez de Castilla (*Juglans regia*)

Fig. 2 Microcápsulas adicionadas con aceite de nuez de Castilla (*Juglans regia*)

10. CONCLUSIONES

- En los aceites se encontraron valores bajos para el índice de peróxido y acidez, indicando que los aceites se obtuvieron de frutos frescos y se encuentran protegidos frente a procesos de degradación hidrolítica y/o microbiológica.
- De acuerdo a los valores obtenidos en el índice de Iodo, el aceite de castilla se clasifica como secante
- En los análisis de ácidos grasos se encontró que los aceites presentan importantes cantidades de ácido oleico, linolénico y linoleico, lo que confirma sus cualidades como agentes preventivos en la aparición de enfermedades cardiovasculares y crónico degenerativas.
- Los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico coinciden con lo establecido por la normativa internacional y con las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas para aceites vegetales comestibles
- Los frutos secos y su moderado costo económico permite su consumo por parte de la población en general, traducándose en un bienestar social, debido a su producción y a la posibilidad de prevenir ciertas enfermedades como: la obesidad, cáncer,

cardiopatías, diabetes tipo II y de aquellas relacionadas con la ingesta deficitaria de macronutrientes, fitonutrientes y oligoelementos.

- El consumo de frutos secos y su presencia en la ingesta constituyen una contribución preventiva eficaz ante enfermedades que por morbilidad y mortalidad, costos económicos, gastos asistenciales, decremento productivo y su descontrolada recurrencia en su conjunto, reducen de manera importante la calidad de vida.
- El análisis de composición de las nueces en estudio permitió observar las elevadas cantidades de grasa nuez de Castilla. Se obtuvieron cantidades satisfactorios de aceite al aplicar la tecnología de extracción mecánica usando un tornillo coloidal.
- La caracterización llevada a cabo contribuyó a la obtención de información del comportamiento de microencapsulados aceite de frutos secos, que permita su aprovechamiento en el diseño de nuevos productos alimenticios
- Los antioxidantes polares presentes en los aceites de los frutos secos muestran una mayor actividad en fase continua a diferencia de cuando son microencapsulados.

12. BIBLIOGRAFIA.

1. **Aguilera, M.**, Alains, M.G., Garcia, C.L., Hernández, C.M., 2009, Caracterización y estabilidad de antocianinas de higo, variedad Mission, Universidad y Ciencia, Volumen 25, pag 151-158
2. **Alasalvar, C.** y Shahidi, F.2009.Tree nuts, Composition,Phytochemicals, and health effects.CRC.Press.BocaRatón. Fl.EE.UU.
3. **Albert, C.**, Gaziano J. M., Willett W., y Manson, J. 2002. Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the physicians health study. Archieves of Internal Medicine, 162 (12): 382-1387.
4. **Amaral, J.**, Casal,S., Pereira J., Seabra R, y Oliveira R. 2003. Determination of Sterol and Fatty Acid Compositions, (Juglansregia L.) Cultivars Grown in Portugal. J. Agric. Food. Chem. 51:7698–7702.
5. **Anderson, J. B.** 2001. Minerales. En: “Nutrición y Dietoterapia de Krause”.Eds.L. K. Mahan y S.S. Escote. p. 120-126. McGraw-Hill Interamericana. México.
6. **A.O.A.C. 2000.** Official Methods of Analysis. International, Food Composition, Additives, Natural Contaminants. Gasterburg. Maryland, EE.UU.
7. **Araya, L. H.** y Lutz, R. M. 2003. Alimentos Funcionales y Saludables. Disponible: <http://www.scielo.cl/scielo.php> Adquirida: 25/06/2015.
8. **Bailk, M.; Suhendro, E.; Nawar, W.; McClements, D.; Decker, E.; Chinachoti, P.** 2004 effects of antioxidants and humidity on the oxidative stability of microencapsulated fish oil. JAOCS. 81: 355-360.

9. **Brooks, J., Metter, E., Chan D., Sokoll L. y Landis P.**2001. Plasma selenium level before diagnosis and the risk of prostate cancer development. *Journal of Urology*. 166:2034-2038.
10. **Benito, M., Oria, R., y Sánchez-Gimeno, A.** (2009). Influencia del retraso en el procesado de las aceitunas tras la recolección, en parámetros físico-químicos y nutricionales del aceite de oliva de la variedad Racimilla. *International Journal of fats and Oils*. 60(4):382-389.
11. **Calvo, P.; Hernández, T., Lozano, M., González, D.** 2010. Microencapsulation of extra-virgin olive oil by spray-drying: influence of wall material and olive quality. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 112 (8) 852-858.
12. **Chan, W.** 2004. Human nutrition. En: “*Encyclopedia of Meat Science*”. Eds W. K.Jensen, C. Davine, y M. Dikeman.Pp 614-623. Elsevier Science Ltd. London. UK.
13. **Código Alimentario Español.** Disponible: www.codexalimentarius.net .
Adquirida: 19/01/ 2010.consumptionJ. Nutr. 134: 613–617.
14. **Drusch, S. y Schwarz, K.** 2006. Microencapsulation properties of the two different types of n-octenylsuccinate-derivatised starch. *Euro. Food Res.Technol.* 222: 155-164.
15. **F.A.O/W.H.O.**1973. Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements. WHO Tech Rep Ser 522/FAONutr Meet Rep Ser 52, WHO, Geneva/FAO, Rome.
16. **Fitzpatrick, J.** 2005. Food powder flowability. In C. Onwulata (Ed.), *Encapsulated*

and powdered foods .Florida: Taylor & Francis.

17. **Fukuda**, T., Ito, H. y Yoshida, T.2003. Antioxidative polyphenols from walnuts (*Juglansregia* L.). *Phytochemistry*. 63: 795–801
18. **Gao**, R., William, L., Huang, T., Papas, M., A. y Qui M. 2002. The uptake of tocopherols by RAW 264.7 macrophages. *Nutrition Journal*. 1 (2): 1-9.
19. **Gu**, L., Kelm, M., Hammerstone, J., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S. y Prior, R.2004. Concentrations of proanthocyanidins in common foods and estimations of normal consumption *J. Nutr.* 134: 613–617.
20. **Halverson**,B.L., Holte K., Myhrstad C. W., Barikmo I., Hvattum E., Fagertun R. S., Wold A. B., Haffner K., Baugerod H., Andersen L. F., Moskaug J. O., Jacobs D.R y Blomhoff R. 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *Journal of Nutrition*.132: 461-471.
21. **Hasler**, C. M. 2002. Functional foods: benefits, concerns and challenges- A position paper from the American Council on Science and health. *Journal of Nutrition*. 132: 3772-3781
22. **Hellman**, J. 2000. “Farmacotécnia Teórica y Práctica”. Vol. I - VIII. Ed. Continental. México.
23. **Holgado**, A. F. Comportamiento oxidativo de aceites microencapsulados: influencia de las condiciones de preparación en sistemas modelos y estudios específicos de alimentos. (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid). 2011. 204 p.

24. **Kris, E.**, Hu, F., Ros, E. y Sabaté J. 2008. The role of tree nuts and peanuts in the prevention of coronary heart disease: multiple potential mechanisms. *Journal of Nutrition*.138(174):6S–51S.
25. **Martínez, L.** (2010). Extracción y Caracterización de aceite de nuez (*Junglans regia L*), influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa. Tesis doctoral. Córdoba, Argentina
26. **Maskan, M.** y Karatas, S. 1999. Storage stability of whole-split pistachio nuts (*Pistaciavera L.*) at various conditions. *FoodChem*. 66: 227–233.
27. **Meritxell, N.**, Ruperto M., y Sánchez-Muniz F. 2004 Frutos secos y riesgo cardio y cerebrovascular. Una perspectiva española. *ALAN*.54(2):137-148.
28. **Murakami, A.**, Koshimizu, K. y Ohigashi, H. 1998. Chemoprevention with food phytochemicals: screening, rodent studies, and action mechanisms. *Journal of Medicinal Food*. 1: 29-38.
29. **Nanos, G.**, Kazantzis, I., Kefalas, P., Petrakis, C. y Stavroulakis, G. 2002. Irrigation and harvest time affect almond kernel quality and composition. *Sci. Hortic*. 96: 249–256.
30. **Norma MexicanaNMX-FF-084-SCFI-2009.** Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- frutos seco-nuez pecanera*Caryaillinoensis*(Wangenh) K. Koch –especificaciones y métodos de prueba.
31. **Oliveira, R.**, Rodrigues, F. y Gil B.2002. Characterization and supercritical carbon dioxide extraction of walnut oil *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 79: 225–231.
32. **USDA**, (2010). Disponible en: www.usda.gov. Accesada: 22/05/2015

33. **Reineccius, G.** 1995. Controlled release techniques in the food industry. En: "Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients".Eds. S. J. Risch, G.A. Reineccius. p 8-25. Symposium Series 590.American Chemical Society Washington. D C.EE.UU
34. **Salas, S., Ros, R., E. y Sabaté, J.** 2005. Frutos secos, salud y culturas mediterráneas. Glosa.España.
35. **Shahidi, F.** (2005). Bailey's industrial oil and fat products. John Wiley.
36. **Shahidi, F y Han, X.** 1993 Encapsulation of food ingredients.Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 33: 501-547.
37. **Sleiman, R., Rodrigo, L. y Salas, S.** 2002. Efecto de los frutos secos sobre la salud. Alimentos clave en la prevención de diferentes enfermedades. Alimentación, Nutrición y Salud. 9: 51-58.
38. **Smeds, A., Eklund, P., Sjöholm, R., Willfor, S., Nishibe, S., Deyama, T. y Holmbom, B.**2007. Quantification of a broad spectrum of lignans in cereals, oilseeds, and nuts. J. Agric. Food Chem. 55: 1337–1346.
39. **Solà, A.** 2004. Efectos de los frutos secos sobre el colesterol y las enfermedades cardiovasculares. Ibérica: Actualidad Tecnológica.470:7-14.
40. **Venkatachalam, M. y Sathe, S.**2006. Chemical composition of selected edible nut seeds. J. Agric. Food Chem. 54: 4705–4714.
41. **Vila Jato, J.** 1997. "Tecnología Farmacéutica." Vol. I. Ed. Síntesis. S.A., Madrid.España.
42. **Watanabe, Y., Fang, X., Minemoto, Y., Adachi, S. y Matsuno, R.** 2002. Suppressive effect of saturated acyl L-ascorbate on the oxidation of linoleic acid

encapsulated with maltodextrin or gum arabic by spray-drying. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3984-3987.

43. **Whorton, C.** 1995. Factors influencing volatile release from encapsulation matrixes. En: "Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients". Ed. S. J. Risch, S. J. y G. A. pp 134 -144. ACS Symposium Series 590. American Chemical Society. Washington DC. EE.UU.
44. **Wu, X., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S., y Prior, R.** 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States, *J. Agric. Food Chem.* 52: 4026–4037.
45. **Zambón, D., Sabaté, J., Muñoz, S., Campero, B., Casals, E., Merlos, M., Laguna, J. y Ros, E.** 2000. Substituting walnuts for monounsaturated fat improves the serum lipid profile of hypercholesterolemic men and women. A randomized crossover trial. *Annals of Internal Medicine.* 132: 538-546.
46. **Zwarts, L., Savage, G., McNeil, D.** 1999. Fatty acid content of New Zealand-grown walnuts (*Juglans regia* L.). *International Journal of Food Science and Nutrition* 50: 189-194.