

EFECTO DE LA BENCINA DE PETRÓLEO, ETANOL Y ACETATO DE ETILO EN EXTRACCIÓN DE CAPSAICINA DE CAPSICUMS NAGA Y HABANERO

EFFECT OF PETROLEUM BENZENE, ETHANOL AND ETHYL ACETATE IN CAPSAICIN EXTRACTION FROM CAPSICUMS NAGA AND HABANERO

Yober Jenry Arteaga Irene¹



Fecha de recepción : 19 de mayo de 2019
Fecha de aceptación : 24 de junio de 2019
DOI : <https://doi.org/10.26495/rtzh1911.231511>

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la bencina de petróleo, etanol, y acetato de etilo, en la extracción de capsaicina de los ajíes más picantes del mundo: Capsicum Naga (Capsicum chinense – frutescens) y Capsicum Habanero (Capsicum chinense).

La investigación consistió en extraer oleorresinas Capsicum utilizando el método Soxhlet; luego haciendo uso de la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) determinar los niveles de concentración de capsaicina en cada una de las oleorresinas; y aplicando métodos estadísticos como el análisis de varianza (ANOVA) determinar el efecto de los solventes en los niveles de concentración de capsaicina en las oleorresinas obtenidas. Como resultados de la investigación, el análisis HPLC, determinó que el acetato etilo obtiene la más alta concentración de capsaicina con 227,185 SHU, seguido del etanol que con 222,285 SHU y la bencina de petróleo con 176,640 SHU, todos estos resultados en combinación con el Capsicum Naga. El análisis del porcentaje de recuperación de capsaicina (%RC) determinó que el etanol es el solvente que extrae más capsaicina con un %RC equivalente a 52.40%, seguido del acetato de etilo con un %RC igual a 42.26%, ambos en combinación con el Capsicum Naga.

En conclusión, el solvente que extrae la mayor cantidad de capsaicina es el etanol, y el solvente que extrae la capsaicina con el más alto grado de pureza es el acetato de etilo.

Palabras claves: Capsaicina, Capsicum Naga, Capsicum Habanero.

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of petroleum benzene, ethanol, and ethyl acetate, in the extraction of capsaicin from the hottest peppers in the world: Capsicum Naga (Capsicum chinense - frutescens) and Capsicum Habanero (Capsicum chinense). The research was carried out as follow. First, Capsicum oleoresins were extracted by using the Soxhlet method. Then, capsaicin concentration levels in each oleoresin were determined by using high-performance liquid chromatography (HPLC). Finally, the effect of the three solvents on capsaicin concentration levels was determined by applying statistical methods such as analysis of variance (ANOVA).

As results, HPLC analysis determined that the ethyl acetate obtains the highest concentration level of capsaicin getting up to 227,185SHU, followed by ethanol getting up to 222,285SHU and finally petroleum benzene reaching up to 176,640SHU. All of these concentration levels are achieved in combination with the

¹ Magister en Ciencias en Ingeniería Industrial y Gestión de Operaciones. Gerencia de Operaciones. Tufarma Salud S.A.C., Cutervo, Cajamarca - Perú, arteagayj@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7965-9876>

Capsicum Naga. The analysis of the recovery percentage of capsaicin (% RC) revealed that the ethanol is the solvent that extracts more capsaicin with a %RC of 52.40%, followed by ethyl acetate with as %RC equals to 42.26%, both in combination with the Capsicum Naga as well.

In conclusion, the solvent that extracts the highest amount of capsaicin is the ethanol, and the solvent that obtains the highest degree of purity of capsaicin is the ethyl acetate.

Key words: *Capsaicin, Capsicum Naga, Capsicum Habanero.*

I. Introducción

Para competir en un mercado globalizado, las compañías tienen que manufacturar productos que cumplan con las exigencias de los consumidores en el mercado y la industria conservera del ají nos es la excepción. En productos como conservas y salsas elaborados a partir del ají como materia prima, las características organolépticas más resaltantes que generan un juicio de valor en el consumidor son: el color, el olor, el sabor y la pungencia. Esta última, es considerada en la actualidad esta característica un atributo comercial de alto valor. La pungencia, se mide en unidades SHU (Scoville Heat Units por sus en inglés), aunque el nivel de pungencia de un ají puede determinarse utilizando métodos químicos, instrumentales o sensoriales. La prueba de calor organoléptico de Scoville es una medida subjetiva del calor de chile usando catadores humanos (Scoville, 1912). De acuerdo a Collins, Mayer y Bosland (1995) en la actualidad, el método más confiable, rápido y eficiente para identificar y cuantificar los capsaicinoides es la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC); los resultados de los cuales se pueden convertir a Unidades de Calor Scoville al multiplicar las partes por millón por 16.

La pungencia, viene determinada por la presencia de unos compuestos denominados, según Collins, Mayer y Bosland (1995), capsaicinoides, los cuales son los alcaloides que producen el sabor picante asociado con comer ají, y estos se encuentran comúnmente en el género Capsicum. Se conocen más de 20 diferentes capsaicinoides presentes en el ají (Vásquez et. al, 2007), aunque las cantidades presentes de cada uno de estos varían de acuerdo al tipo de ají. De acuerdo a Kosuge y Furuta (1970), los dos capsaicinoides más abundantes en el ají son la capsaicina (8-metil-Nvanillyl-trans-6-nonenamida) y dihidrocapsaicina, que constituyen aproximadamente el 90%, y la capsaicina representa alrededor del 71% del total de capsaicinoides en la mayoría de las variedades picantes. Kawabata et. al (2006) señalan que el contenido de capsaicina de los ajíes es uno de los principales parámetros que determinan su calidad comercial. Es así que se resalta que la pungencia, es una de las características que más ha adquirido importancia en los últimos años gracias a la universalización de la gastronomía en el mundo.

Este fenómeno se ve confirmado en la publicación de Rugeles. et al (2010) quienes afirman que el gusto por el picante en Estados Unidos se ha convertido en una tendencia culinaria y que en los años 1990 era imposible conseguir salsa picante en dicho país. En este mismo estudio se resalta que las salsas que se consideraban como de un nivel alto de pungencia (hot level), ahora se consideran de un nivel medio o moderado (mild level). Además de que los componentes de las salsas picantes han cambiado, originalmente eran a base de tomate y ahora se están introduciendo diversas frutas y vegetales y entre ellos el ají.

Esto confirma definitivamente que el mercado ha evolucionado a través de los años y que ahora exige niveles de pungencia mayores en los productos obtenidos utilizando el ají como materias primas o como insumo complementario.

Los esfuerzos de la industria del ají para obtener productos con una pungencia más o menos estándar, tradicionalmente se ha enfocado a los controles que se debe llevar en campo (cultivo), pues la pungencia de los ajíes no es una constante, siendo afectada por las condiciones ambientales como: temperatura, riego, fertilizantes, tipo de suelo, etc.; es así que se ha llegado al punto de que hacer una buena ingeniería de campo ya no es suficiente, ya que el comportamiento de las condiciones ambientales es cada vez menos predecible, trayendo como consecuencia la obtención de materias primas que no permiten a los procesos de manufactura obtener productos con niveles de pungencia estándar.

Existen estudios que se han realizado a nivel de campo con la intención de buscar soluciones al problema antes expuesto, y en este sentido Borges et. al (2008) realizaron el estudio de los capsaicinoides en Habanero bajo diferentes condiciones de humedad edáfica (100, 75 y 50% de humedad aprovechable) y niveles de nutrición con N, P₂O₅ y K₂O (240-240-240, 120-120-120 y 000-000-000); no obstante, no hubo respuesta significativa con los diferentes niveles de nutrimentos y humedad aprovechable ya que los niveles de capsaicina y dihidrocapsaicina que se obtuvieron fueron de 8.4 y 4.7 g kg⁻¹ en peso seco de fruto, respectivamente. Lo único que se observó fue variaciones en los rendimientos de fruto alcanzado. Esto podría deberse a otras condiciones ambientales (riego, temperatura, etc.) que aparentemente no fueron controladas ya que no se mencionan en el estudio, lo que confirmaría la imprevisibilidad de éstas y su impacto en la pungencia del ají.

Dado lo complejo que resulta controlar las condiciones ambientales durante las etapas de cultivo, ahora el problema se ha trasladado de los campos hacia el laboratorio para estudiar los capsaicinoides a nivel de frutos obtenidos, es así que diversos investigadores han venido efectuando diversas indagaciones que exploran la extracción y la cuantificación de capsaicinoides en el ají. Por ejemplo, Guzmán et. al (2004) estudiaron los compuestos fenólicos y capsaicinoides en ají Jalapeño y Habanero y a través de análisis cromatográfico (HPLC) detectaron 35 picos cromatográficos de compuestos fenólicos y 13 de compuestos capsaicinoides, a la vez observaron que el ácido fenólico 4, hidroxí-3, metoxibenzoico sólo está presente en el Jalapeño.

A pesar que esta investigación determina que compuestos fenólicos y capsaicinoides están presentes en uno u otro tipo de ají; sin embargo, no estudia que solventes orgánicos permitirían extraerlos. Por otro lado, Hirán et. al (2008) realizaron estudios referente a los capsaicinoides en una gama de 22 poblaciones de ajíes en Puebla (México) todas ellas pertenecientes a la especie *Capsicum Annuum*. La investigación consistió en evaluar mediante cromatografía HPLC los niveles de concentración de capsaicinoides. Los resultados mostraron que los niveles de capsaicina fueron mayores que los de la dihidrocapsaicina, excepto en dos recolectas de dos municipios. Aunque con ello llegaron a concluir que hay ajíes con potencial para gestionar distintos grados de pungencia, no se describe con que solventes se podría realizar la extracción y cómo lo obtenido se podría implementar en un proceso de manufactura conservero.

Otros estudios se han enfocado en los métodos para extraer y cuantificar los capsaicinoides. Como la tesis de Fernández (2007) quien expone (1) un método rápido de aplicar para la determinación de capsaicinoides en pimientos, que consiste en el empleo de columnas monolíticas; y (2) tres metodologías novedosas para la extracción de capsaicinoides, la primera es la extracción asistida por ultrasonidos, la segunda es empleo de la extracción mediante fluidos presurizados, y la tercera la extracción asistida por microondas. Es importante resaltar lo alcanzado en esta investigación ya que los métodos tienen una serie de ventajas que pueden ser muy útiles para aplicaciones en la industria; sin embargo y al igual que en los casos anteriores, no se especifica que solventes puede ayudar a obtener mejores niveles de rendimiento durante el proceso de extracción especialmente.

De los trabajos revisados y expuestos hasta aquí, se evidencia que se ha realizado vasta investigación enfocada a cuantificar básicamente los capsaicinoides presentes en la composición de distintas variedades de ají (incluido el *Capsicum Habanero*); pero no se ha encontrado indagaciones enfocadas a extraer capsaicinoides (capsaicina específicamente) de los ajíes más picantes del mundo con fines industriales, especialmente del ají Naga. Este último, según Bosland y Baral (2007), es también conocido con las denominaciones 'Naga Jolokia', 'Bhut Jolokia', y 'Bih Jolokia (ají fantasma)'. El ají Naga fue considerado el ají más picante del mundo con 879,953 a 1'001,304 SHU hasta el 2007 según el Guinness Book of World Records (Bosland y Baral, 2007), aunque en el 2010 fue superado por el Naga Viper con 1'359,000 SHU (Jimenez, 2011).

Aunque oficialmente el Naga Viper es el chile más picante del mundo, este es un ají que fue 'creado' en Inglaterra por Gerald Fowler de "The Chill Pepper Company" cruzando dos de los chiles más picantes del mundo: El Naga Jolokia y el Híbrido Trinidad (Tecnoculto, 2011). Por lo que se conoce hasta la actualidad, el ají natural más picante del mundo que existe sin que se hayan hecho manipulaciones genéticas en su estructura, es el Naga, el cual es el que se usa en la presente investigación. Por su parte referente al ají Habanero, este tiene una pungencia comprendida entre 100,000 – 350,000 SHU (EcuRed, 2011); sin embargo, esto puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales durante el cultivo tal como lo expuesto en párrafos anteriores. Por ejemplo, Canto y Balam (2007) en su estudio reportaron haber obtenido rangos de pungencia mayores que están

entre 405,228 a 892,719 SHU para diferentes variedades de Habanero, llegando a la conclusión que se esto se podría deber a condiciones ambientales como el suelo, temperatura, humedad y otros factores.

Aunque se ha realizado bastante trabajo hasta la fecha, es necesario realizar más estudios que estén enfocadas hacia la obtención de oleorresinas Capsicum las cuales sea posible utilizarlas en las en la industria del ají de manera que se aproveche como insumo en los procesos de manufactura y permitan gestionar y asegurar niveles controlados de pungencia en los productos conserveros. El propósito de este estudio fue determinar el efecto de tres solventes (bencina de petróleo, etanol, y acetato de etilo) en la extracción de capsaicina de los ajíes más picantes del mundo: Capsicum Naga (Capsicum chinense – frutescens) y Capsicum Habanero (Capsicum chinense). Los objetivos más específicos incluyen: (a) realizar el análisis químico proximal del Naga (Capsicum frutescens – chinense) y Habanero (Capsicum chinense), (b) Determinar los porcentajes de rendimientos de los solventes, (c) cuantificar la concentración de capsaicina en las oleorresinas Capsicum mediante cromatografía HPLC, (d) determinar el efecto de los solventes en la concentración de capsaicina de las oleorresinas Capsicum mediante el análisis de varianza (ANOVA), y (d) evaluar la concentración de capsaicina mediante el análisis de porcentaje de recuperación de capsaicina (%RC).

Este tema de investigación fue identificado como de interés para las compañías procesadoras de conservas y salsas de ají, particularmente para la empresa que promueve y apoya este estudio: Gandules Inc. SAC (en adelante La Compañía). Esencialmente, la contribución de esta investigación es dos aspectos: primero, define los solventes que actúan como los mejores agentes extractores de capsaicina en términos de cantidad y grado de pureza; y segundo, concibe los cimientos para que la industria conservera del ají a partir de los resultados obtenidos pueda desarrollar tecnologías que permitan obtener oleorresinas Capsicum a nivel industrial de manera que se puedan utilizar para optimizar los procesos en relación a los niveles de pungencia en los productos obtenidos a partir del ají. La industria conservera del ají no debe perder competitividad, y la evolución en los gustos y preferencias del consumidor son requerimientos que deben impulsarla, por lo que la mejora continua de los procesos debe ser una constante.

II. Materiales y Métodos

2.1. Población y Muestra

De todas las variedades de ají que se cultivan en los fundos de La Compañía. El primer criterio de selección fue tomar los ajíes más picantes: Naga y Habanero; para el muestreo, respecto a las cantidades, se aplicó muestreo no probabilístico por conveniencia (Creswell, 2009 y Cohen, Manion y Morrison, 2007), es decir se tomaron las cantidades necesarias para realizar extracción de las oleorresinas. Así se tiene por muestras:

- 600 g de ají Naga.
- 600 g de ají Habanero.

2.2. Caracterización de los Ajíes

Según Nielsen (2009), los lípidos, junto con las proteínas y carbohidratos, constituyen los principales componentes estructurales de los alimentos. Por lo que se realizó se efectuó el análisis químico proximal para ambas variedades de ají teniendo en consideración que, para el conocimiento del autor, no existe información disponible referente a este punto en la bibliografía científica para el Capsicum Naga. Las siguientes características fueron evaluadas: porcentaje de humedad (%H), porcentaje de materia seca (%MS), porcentaje de cenizas (%C), porcentaje de grasa (%G), porcentaje de Nitrógeno (%N), y porcentaje de proteína bruta (%B).

2.3. Obtención de las Oleorresinas Capsicum

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo combinatorio, en el cual se aplicó un diseño de dos factores (Tejedor, 1999 y Box, Hunter y Hunter, 2005), los cuales son 2 variedades de ají (Naga y Habanero) y 3 tipos de solventes (bencina de petróleo, etanol y acetato de etilo) para extraer las oleorresinas Capsicum, dando como resultado 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, para hacer un total de 18 experimentos.

El proceso de obtención de las oleorresinas Capsicum consistió en pesar 10g. de materia prima molida (Naga y/o Habanero previamente secadas al ambiente y luego en estufa) con un %H del 10%, medir 90mL. de solvente (bencina de petróleo, y/o etanol y/o acetato de etilo), cargar el equipo Soxhlet, activar el flujo de líquido que actúa como fluido condensante, prender la fuente de fuego y se realiza la 'Extracción Soxhlet'. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso (Universidad Nacional Autónoma de México, 2000). Después de esta operación, el producto obtenido es el 'Extracto de Capsicum', luego, se desecha la materia prima usada, parte del solvente se recupera, y otra parte del solvente se pierde en forma de vapor. Luego se procede a realizar la 'Separación del Solvente' mediante el método de la estufa, para ello depositamos los extractos en vasos de precipitación y los ingresamos a la estufa a una temperatura de 105°C hasta conseguir la evaporación completa del solvente y aislar el producto de interés, que es la 'Oleorresina Capsicum'. Las 18 oleorresinas Capsicum obtenidas, constituyeron las muestras que fueron analizadas mediante cromatografía HPLC (Miller, 2007) para determinar la concentración de capsaicina. Luego proceder con el enjuiciamiento y análisis estadístico ANOVA (Walpole, Myers y Myres, 1999). Finalmente, realizar el análisis de porcentaje de recuperación (%RC) correspondiente.

III. Resultados

3.1. Análisis Químico Proximal

Los resultados obtenidos para uno y otro ají se exponen en la Tabla 1. En lo que respecta al %H y %MS, el Naga presenta una ligera diferencia equivalente a 0.67% y -0.67% respectivamente. En lo que a %C se refiere, el Naga presenta 1.22% más que el Habanero. En relación a materia nitrogenada total (%N) está comprendida entre 0.32% y 0.37% con una diferencia de 0.05% que favorece al Naga; y el contenido de proteína bruta (%PB) es de 2.33% y 1.98% respectivamente para ambos ajíes, con una diferencia de 0.35% que favorece al Naga. Y en cuanto a %G, el Naga presenta 22.10%, un 6.11% más que el Habanero que presenta 15.98%.

Tabla 1:

Resultados de análisis químico proximal

CARACTERÍSTICA \ AJÍ	NAGA	HABANERO
% H	16.67%	17.33%
% MS	83.33%	82.67%
% C	9.91%	8.68%
% N	0.37%	0.32%
% PB	2.33%	1.98%
%G	22.10%	15.98%

3.2. Rendimientos de Extracto de Capsicum

En la Tabla 2, se muestra los rendimientos de cada combinación en función del volumen de extracto de Capsicum obtenido luego de la extracción Soxhlet, y el volumen de solvente cargado para la extracción (90mL por extracción).

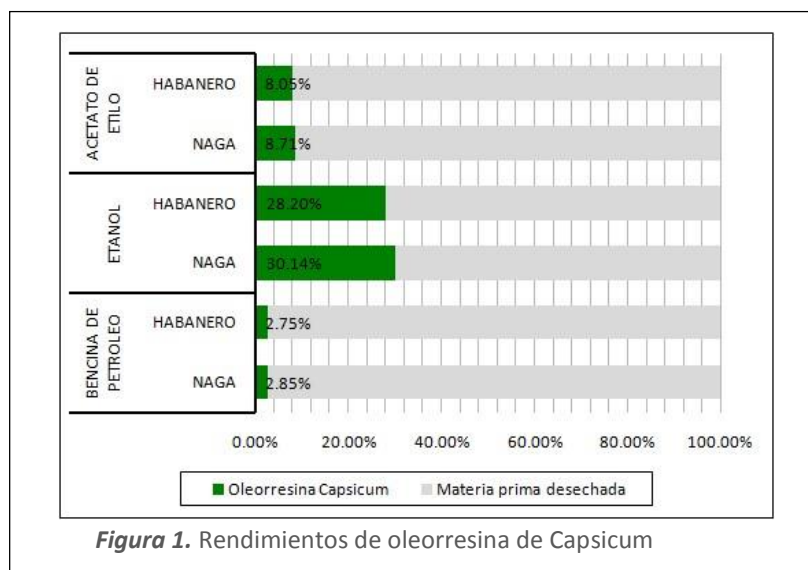
Tabla 2:
Rendimientos de extracto de Capsicum

AJÍ	SOLVENTE	EXTRACTO RECUPERADA PERDIDA		
Naga	Bencina de petróleo	12%	59%	28%
	Etanol	24%	51%	26%
	Acetato de etilo	19%	57%	24%
Habanero	Bencina de petróleo	15%	55%	31%
	Etanol	26%	45%	29%
	Acetato de etilo	20%	56%	24%

Si comparamos cada combinación de acuerdo a la materia prima, en todos los casos los valores obtenidos con Habanero son mayores (15%, 26%, 20%) que los alcanzados con el Naga (12%, 24%, 19%). Si comparamos cada combinación de acuerdo al solvente, los obtenidos con etanol son mayores, seguido por el acetato de etilo y la bencina de petróleo. Esto quiere decir que, para obtener una determinada cantidad para todas las combinaciones, unas demandarán mayores volúmenes de solvente y mayores cantidades de materia prima que otras. Por otro lado, es importante la cantidad de solvente que se recupera después del proceso de extracción, ya que pueden ser reincorporadas al proceso cada vez que se cargue el equipo para una nueva extracción; y los valores son equivalentes a 59%, 51%, y 57% en combinación con el Naga; y de 55%, 45%, y 56% en combinación con el Habanero, para la bencina de petróleo, el etanol y acetato de etilo respectivamente.

3.3. Rendimientos de Oleorresina Capsicum

En la Figura 1, se muestra los rendimientos de cada combinación en función de oleorresina Capsicum obtenida luego de la evaporación del solvente y la materia prima cargada por extracción.



La cantidad de oleorresina obtenida depende en primer lugar del solvente de extracción, pues con etanol se obtiene los más altos porcentajes (28.20% y 30.14% para Naga y Habanero), y en segundo lugar depende de la materia prima, ya que es con Naga que se obtiene siempre un mayor porcentaje de oleorresina Capsicum (8.71%, 30.14% y 2.85% para acetato de etilo, etanol y bencina de petróleo).

3.4. Concentraciones de Capsaicina

Los resultados del análisis HPLC, se muestran en la Tabla 3, estos valores son las concentraciones de capsaicina en las 18 oleorresinas Capsicum obtenidas, producto de los seis tratamientos con 3 repeticiones, entre materias primas y solventes respectivos. Dicho de otra manera, estos valores representan el grado de pungencia de cada una de las oleorresinas Capsicum, expresadas en SHU y en ppm (unidades Scoville y partes por millón).

Las oleorresinas Capsicum obtenidas con acetato de etilo son las que reportan las más altas concentraciones, superando así en pungencia a lo obtenido con etanol y bencina de petróleo, pues es notable la diferencia, tanto en Naga (227,184 SHU, 227,236 SHU y 227,134 SHU) como Habanero (61,110 SHU, 61,198 SHU y 61,202 SHU), este un indicador clave que influirá sin duda en la decisión de seleccionar un solvente como agente extractor de capsaicina, pero hay que recordar que la concentración es un indicador de proporción solamente.

Tabla 3

Concentraciones de capsaicina en las oleorresinas Capsicum

	BENCINA DE UND. PETRÓLEO	ETANOL	ACETATO DE ETILO
NAGA			
	176,648	222,303	227,184
SHU	176,631	222,252	227,236
	176,641	222,318	227,134
	11,777	14,820	15,146
ppm	11,775	14,817	15,149
	11,776	14,821	15,142
HABANERO			
	38,414	55,849	61,110
En SHU	38,507	56,011	61,198
	38,279	55,990	61,202
	2,561	3,723	4,074
En ppm	2,567	3,734	4,080
	2,552	3,733	4,080

3.5. Análisis de Varianza

Para efectuar el ANOVA, se tomó los datos expresados en SHU (Tabla 3), obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 4.

En los resultados obtenidos, se observa 2 y 12 grados de libertad (tipos de solventes y error experimental), para un nivel de significancia del 5% y 1%, los valores críticos para **F** son:

- Al 5%, $F_{2,12; 0.05} = 3.8853$
- Al 1%, $F_{2,12; 0.01} = 6.9266$

Como la **F** obtenida es equivalente a 517,026.35 en el ANOVA, pues es extremadamente mayor que los valores mostrados, interpretamos que la **F** obtenida es significativa, entonces no se acepta la igualdad de medias de los grupos evaluados en el experimento, lo que indica que el efecto de los solventes si influye significativamente en la concentración de capsaicina de las oleorresinas Capsicum, confirmándose que uno de los tres solventes es el que tiene mejor capacidad de extracción de capsaicina de los ajíes.

Tabla 4

ANOVA de las concentraciones de capsaicina

ORIGEN DE VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE CUADRADO F	
		LIBERTAD	MEDIO
Tipos de ají (A)	1.1x10+11	1	1.1x10+11 2.4x10+07
Tipos de solventes (B)	4.7x10+09	2	2.3x10+09 5.2x10+05
Interacción (AB)	7.8x10+08	2	3.9x10+08 8.5x10+04
Error experimental	5.5x10+04	12	4.6x10+03
TOTAL	1.16x10+11	17	

3.6. Porcentaje de Recuperación

Hay que tener en cuenta que las concentraciones de capsaicina reportadas gracias al análisis HPLC, no necesariamente indican que las oleorresinas Capsicum con más alto valor, son las que poseen la mayor cantidad de capsaicina en su composición; ya que la concentración, es un indicador de proporción de una sustancia en otra, más no de cantidad o volumen absoluto. Para saber lo último se realizó el análisis del %RC en función de la pungencia obtenida en las oleorresinas Capsicum, y la pungencia de la materia prima antes del proceso de extracción, para obtener de ½ L. de extracto de Capsicum, apoyados en la siguiente relación

- 1Kg. de Naga 1000000 SHU..... (a)
- 1Kg. de Habanero 350000 SHU..... (b)
- 15 SHU = 1ppm (ppm=mg/Kg)..... (c)

Con (c), hacemos en (a) y (b), y se obtiene:

- 1Kg. de Naga 1000000 SHU = 66667mg/Kg de capsaicina.
- 1Kg. de Habanero 350000 SHU = 23333mg/Kg de capsaicina.

La Figura 2, muestra los resultados, confirmándose de esta manera que el solvente que extrae la mayor cantidad de capsaicina es el etanol, y si contrastamos con los resultados de las concentraciones de capsaicina en las oleorresinas Capsicum el solvente que extrae capsaicina más purificada (concentrada) es el acetato de etilo, descartándose a la bencina de petróleo como solvente extractor para dicho fin.

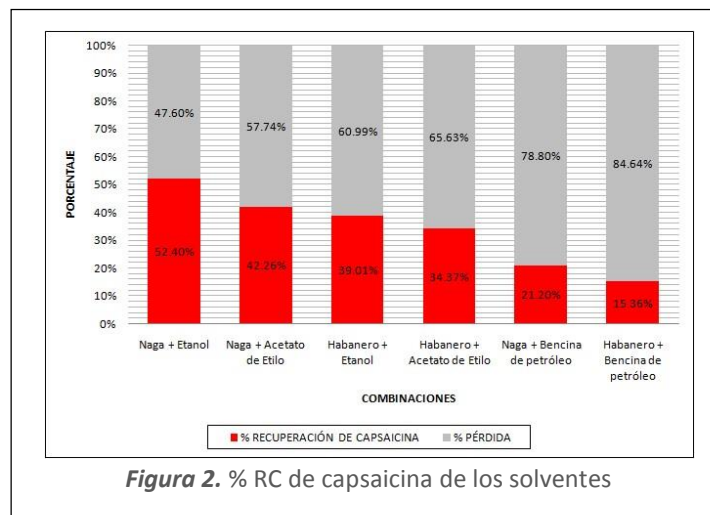


Figura 2. % RC de capsaicina de los solventes

IV. Discusión

Las investigaciones realizadas por Borges et. al (2008), Guzmán et. al (2004), y Hirán et. al (2008), se han focalizado en cuantificar los capsaicoides presentes en diversas variedades de ají pero en fruto fresco, ya que el principal objetivo de estas ha sido básicamente cuantificar la pungencia del ají en el fruto; mientras este estudio se enfocó en la extracción de capsaicoides (capsaicina principalmente) del ají en fruto seco con un 10% de humedad (ver sección 2.3) haciendo uso de los solventes orgánicos (bencina de petróleo, acetato de etilo y etanol), y cuantificarlos con la finalidad de utilizarlos en procesos industriales para controlar la pungencia en conservas y salsas elaboradas utilizando el ají como materias primas.

En la investigación realizada por Canto y Balam (2007), se afirma que las condiciones ambientales tienen un impacto en la pungencia del ají, pero no se especifican que variables fueron controladas durante la fase cultivo de las variedades de ají bajo investigación, como si lo hizo Borges et. al (2008), aunque sin obtener resultados significativos que demuestren que las variables controladas (humedad edáfica y nutrimento) tienen un impacto directo en el contenido de capsaicoides en las variedades estudiadas. Entretanto que en este estudio, se optó por no controlar las variables en mención durante el cultivo del Capsicum Naga y de Capsicum Habanero como parte del estudio; sin embargo es de conocimiento del autor que ingenieros de campo si tienen controles implementados relacionados a los niveles nutrición, niveles de humedad, riego, fertilización, etc. pero no han sido consideradas como de interés para este estudio; por lo que conclusiones referente a este punto, no han sido alcanzados en esta investigación.

El enfoque de los estudios discutidos en la sección I como los realizados por Guzmán et. al (2004), Hirán et. al (2008), Borges et. al (2008), y Canto y Balam (2007), es estrictamente la cuantificación e identificación de capsaicoides en diferentes variedades de ají tales como Habanero, Jalapeño, etc.; mientras que, para este estudio, el propósito primordial fue determinar qué solvente(s) permite(n) extraer las mayores cantidades de capsaicoides y con el mejor grado de pureza (proporción de oleorresina-capsaicoides) con el propósito de sentar los cimientos para reproducir el proceso a nivel industrial.

La presente investigación puede servir como un importante primer paso para futuras investigaciones. Desde el punto de vista técnico, por ejemplo, la determinación de las cantidades de oleorresina capsicum con determinados niveles de pungencia (capsaicina) necesarias para corregir o llevar la pungencia de los productos (conservas y salsas) a límites de especificación establecidos o requeridos, métodos para realizar la separación y/o aislamiento de capsaicoides de los solventes utilizados como agentes de extracción de oleorresinas Capsicum con la finalidad eliminar las trazas de los solventes, el impacto de las oleorresinas Capsicum en las características organolépticas (color, olor, sabor, etc.) de conservas y salsas cuando se utilizan como insumo de fabricación, entre otros. Mientras que, desde el punto de vista económico, por ejemplo, la viabilidad de extraer capsaicoides (fundamentalmente capsaicina) con fines industriales tomando como base los rendimientos obtenidos en el presente estudio, y la viabilidad de cultivar en campo y/o invernaderos ajíes como Naga Jolokia con el objetivo de utilizarlos como materias primas para la extracción de capsaicoides que se utilicen en procesos industriales.

V. Conclusiones

El efecto de los solventes influye significativamente en la concentración de capsaicina de las oleorresinas Capsicum, pues el análisis ANOVA afirma que con 2 y 12 grados de libertad (tipos de solventes y error experimental), para un nivel de significancia del 5% y 1% se requiere un valor F de 3.8853 y 6.9266 respectivamente, pero con los valores de concentración de capsaicina reportados obtenemos un F de 517,026.35, el cual es extremadamente mayor.

El acetato de etilo es el solvente que extrae oleorresinas Capsicum con la mayor concentración de capsaicina, pues el análisis HPLC así lo demuestra, obteniéndose valores promedio equivalentes a: 227,185 SHU con Naga, 61,170 SHU con Habanero; mientras etanol y bencina de petróleo alcanzan 222,291 SHU y 176,640 SHU con Naga, y 55,950 SHU y 38,400 SHU con Habanero respectivamente.

El solvente que extrae la mayor cantidad de capsaicina es el etanol, y el solvente que extrae capsaicina más purificada es el acetato de etilo; pues el análisis del %RC, permitió determinar cuánto realmente pueden extraer de capsaicina los solventes obteniendo valores de hasta 52.40% para Naga y etanol, 42.26% para Naga y acetato de etilo, 39.01% para Habanero y etanol, 34.37% para Habanero y acetato de etilo, 21.20% para Naga y bencina de petróleo y 15.36% para Habanero y bencina de petróleo respectivamente.

VI. Referencias

- Borges, L., Cervantes, L., Ruiz, J., Soria, M., Reyes, V. y Villanueva, E. (2010). Capsaicinoides en Chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*. 28 (1), 35-41.
- Bosland, P. y Baral, J. (2007). 'Bhut Jolokia'- the world's hottest known Chile pepper is a putative naturally occurring interspecific hybrid. *Hortscience*. 42(2), 222-224.
- Box, G., Hunter, W. y Hunter, S. (2005). *Estadística para investigadores*. Barcelona. España. Editorial Reverté S.A.
- Canto, A. y Balam, E. (2007). Capsaicinoid content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.): *hottest known cultivars*. *Hortscience*. 43(5), 1344-1349.
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Nueva York. Estados Unidos. Editorial Routledge Taylor & Francis Group.
- Collins, M., Mayer, L. y Bosland, P. (1995). Improved method for quantifying capsaicinoids in capsicum using High Performance Liquid Chromatography. *Hortscience*. 30(1), 137-139.
- Creswell, J. (2009). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Los Ángeles. Estados Unidos. Editorial SAGE Publications Ltd.
- EcuRed (2011). *Ají picante*. Recuperado de https://www.ecured.cu/Aj%C3%AD_picante. Estados Unidos. Editorial Printice Hall Pearson Educación.
- Fernandez, G. (2007). *Extracción, análisis, estabilidad y síntesis de capsaicinoides*. Recuperado de <http://minerva.uca.es/publicaciones/asp/docs/tesis/gfernandezbarbero.pdf>
- Guzmán, S., Pacheco, I., Chavira, M., Aviles, M., Hernández, M. y López, D. (2004). *Análisis preliminar de compuestos fenólicos y capsaicinoides en variedades de chiles con diferente capacidad pungente*. Primera Convención Mundial del Chile, Zacatecas, México. 115-122.
- Hirán, S., Aguilar, V., Corona, T., Castillo, F., Soto, R., y San Miguel, R. (2008). Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla. *Agrociencia*. 42(7), 807-816.
- Jimenez, J. (2011). *Wilbur Scoville, la persona más "picante" del mundo*. Recuperado de <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/wilbur-scoville-la-persona-maspicante-del-mundo>.
- Kawabata, F., Inoue, N., Yazawa, S., Kawada, T., Inoue, K. y Fushiki, T. (2006). Effects of CH-19 sweet, a non-pungent cultivar of red pepper, in decreasing the body weight and suppressing body fat accumulation by sympathetic nerve activation in humans. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 70, 2824-2835
- Kosuge, S. y Furuta, M. (1970). Studies on the pungent principle of Capsicum. Part XIV: Chemical constitution of the pungent principle. *Agric. Biol. Chem.* 34, 248-256.
- Miller, D. (2007). *Química de alimentos: manual de laboratorio*. México. México. Editorial Limusa S.A.

Nielsen, S., (2009). *Análisis de los alimentos*. Zaragoza. España. Editorial Acribia S.A.

Rugeles, L., Ávila, J., Morales, A., Huertas, A., Guaitero, B. y Bonilla, C. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena de hortalizas en Colombia: salsa de ají*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Bogotá. Colombia. Editorial Giro Editores Ltda.

Scoville, W. (1912). Note on capsicum. *Journal of the American Pharmacists Association*. 1(5), 453-454.

Tecnoculto (2011). *El chile más picante del mundo*. Recuperado de <http://tecnoculto.com/2010/12/12/el-chile-mas-picante-del-mundo>.

Tejedor, F. (1999). *Análisis de varianza: introducción conceptual y diseños básicos*. Salamanca. España. Editorial La Muralla S.A. y Editorial Hespérides.

Universidad Nacional Autónoma de México (2000). *Análisis de alimentos: fundamentos y técnicas*. Recuperado de https://www.academia.edu/12711041/AN%C3%81LISIS_DE_ALIMENTOS._FUNDAMENTOS_Y_T%C3%89CNICAS

Vázquez, F., Miranda, M., Monforte, M., Gutiérrez, G., Velázquez, C. y Nieto, Y. (2007). *La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile*. *Fitotec*. 30 (4), 353-360.

Walpole, R., Myers, R. y Myres, H. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Texas.