






Comportamiento antioxidante y polifenólico de una conserva de flor de cabuya negra (*agave americana*)

Antioxidant and polyphenolic behavior of a Black Cabuya (*Agave americana*) flower preserve

-  ¹ Miguel Ángel Enríquez Estrella*
-  ¹ Thalia Janeth Enríquez Ujukam
-  ² Gabriela Joseth Serrano Torres
-  ² Silvia Hipatia Torres Rodriguez
-  ³ Dennis Gabriel Cuadrado Ayala

¹Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Puyo, Ecuador.

²Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Riobamba, Ecuador.

³Consultor Independiente

* menriquez@uea.edu.ec

RESUMEN

Las flores del *Agave americana*, caracterizadas por su color amarillo a verdoso, son altamente atractivas para diversos polinizadores, incluyendo murciélagos, insectos y aves. Estos polinizadores consumen gran parte de la energía que la planta ha acumulado a lo largo de su vida, lo que hace que estas flores se presenten como una alternativa alimentaria viable. Este estudio tiene como objetivo determinar el comportamiento antioxidante y polifenólico de la conserva de flor de cabuya negra (*Agave americana*), una opción alimentaria aún poco conocida en la gastronomía ecuatoriana. Las muestras fueron sometidas a un riguroso proceso que incluyó secado, trituración y extracción asistida por ultrasonido, seguido de análisis mediante los métodos FRAP y Folin-Ciocalteu. Los resultados indicaron un contenido significativo de polifenoles, con 868,5 mg/kg, y una notable capacidad antioxidante, alcanzando 65000 mg/kg. Estos hallazgos sugieren que la conserva de flor de Agave americana podría ser una opción alimentaria saludable. Además, destacan la importancia de realizar futuras investigaciones sobre fitoquímicos presentes en alimentos no convencionales, con el fin de expandir el conocimiento científico y diversificar la gastronomía ecuatoriana y mundial.

Palabras claves: *Metabolitos secundarios, Bioactivos, Alimentos no tradicionales, nutrientes.*

ABSTRACT

The flowers of *Agave americana*, characterized by their yellow to greenish color, are highly attractive to various pollinators, including bats, insects, and birds. These pollinators consume a large portion of the energy that the plant has accumulated throughout its life, making these flowers a viable food alternative. This study aims to determine the antioxidant and polyphenolic behavior of the preserved flower of black cabuya (*Agave americana*), a still little-known food option in Ecuadorian cuisine. The samples were subjected to a rigorous process that included drying, grinding, and ultrasound-assisted extraction, followed by analysis using the FRAP and Folin-Ciocalteu methods. The results indicated a significant polyphenol content, with 868.5 mg/kg, and a remarkable antioxidant capacity, reaching 65,000 mg/kg. These findings suggest that the preserved flower of *Agave americana* could be a healthy food option. Additionally, they highlight the importance of conducting future research

on phytochemicals present in unconventional foods to expand scientific knowledge and diversify Ecuadorian and global cuisine.

Keywords: *Secondary metabolites, Bioactives, Non-traditional foods, nutrients.*

I. INTRODUCCIÓN

El *Agave americana*, una especie de cabuya originaria de las zonas áridas y semiáridas de América Central, principalmente en México y el suroeste de Estados Unidos, se distingue por su imponente apariencia, con hojas grandes y gruesas que pueden alcanzar hasta 2 metros de longitud, caracterizadas por bordes espinosos y una punta afilada (1). Utilizado desde la época prehispánica con diversos propósitos, como forraje, medicamento y material de construcción, este agave desempeña un papel significativo en el legado histórico y cultural, así como en la generación de recursos económicos para algunas comunidades campesinas e indígenas (2, 3).

A lo largo de los siglos, este producto ha sido empleado en la producción de licores, como el tequila y el mezcal, bebidas alcohólicas tradicionales de México (4). Estas bebidas se obtienen mediante procesos, en su mayoría artesanales, que incluyen la selección y corte de la materia prima, la cocción del agave, la molienda del mosto, la fermentación del jugo fructosado, la destilación, la rectificación y la maduración del destilado (5). La propagación del *Agave americana* se realiza a través de sus hijuelos, brotes laterales que crecen desde la base de la planta madre, los cuales pueden separarse y replantarse para generar nuevas plantas (6).

(7), las conservas de alimentos son productos envasados herméticamente que han sido sometidos a procesos de esterilización, ya sea mediante maquinaria industrial o de forma casera (8). Estos productos, valorados por su alto contenido nutricional, varían según la materia prima a conservar.

Con más de 200 tipos de agave, cada uno con características únicas y adaptado a diferentes entornos, algunos de los más conocidos incluyen el *Agave tequilana* (utilizado en la producción de tequila), el *Agave americana* (utilizado como planta ornamental y en la producción de mezcal) y el *Agave sisalana* (utilizado en la fabricación

de cuerdas y tejidos) (9). Puede ser utilizada para la elaboración de diversos productos alimenticios y no alimenticios, dependiendo de su tipo. Desde la extracción de dulce hasta la producción de conservas, se busca preservar sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas (10). Dentro de la industria alimentaria, las conservas se consideran de alto valor, como lo respalda García (11), quien, mediante una investigación experimental, concluye que la conserva de flor de cabuya (*Agave americana*) alcanza una concentración del 30 % de ácido acético al finalizar su proceso, obteniendo un parámetro de aceptabilidad óptimo para su distribución en el mercado.

En la actualidad, la demanda del consumidor se centra en alimentos saludables, lo que ha impulsado el desarrollo de nuevas alternativas de producción y consumo de alimentos (12). Una de estas alternativas consiste en optimizar los subproductos y aprovechar bioactivos como antioxidantes, polifenoles y carotenoides, elementos que contribuyen al desarrollo metabólico humano (13), es por ese antecedente que se plantea como objetivo identificar la capacidad antioxidante y poli fenólica de una conservade flor de cabuya (*Agave americana*).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización:

La presente investigación fue realizada en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica, localizado en el Km 2½ de la vía Puyo a Tena, paso lateral.

Tipo de investigación:

Se implementó una metodología cuantitativa, fundamentada en la experimentación, con un enfoque específico en la caracterización de componentes bioactivos, tales como antioxidantes y polifenoles, presentes en una conserva elaborada a partir de la flor de cabuya negra.

Materiales:

La materia prima objeto de análisis consistió en una conserva de flor de cabuya sumergida en un líquido de gobierno durante un período de 6 meses, con una concentración del 30% de ácido acético en su solución de cobertura. Este enfoque señala la ruta o estrategia seguir para abordar la problemática planteada. Para su especificación, se requiere tener en cuenta el tipo de investigación a llevar a cabo, la línea de investigación a la que se adscribe, la estructura metodológica propuesta y, de manera complementaria, se proponen las herramientas que se emplearán en la recopilación, análisis y organización de la información.

Material e instrumentación:

- Espectrofotómetro UV-Visible
- Balanza analítica
- Centrífuga
- Agita tubos (vortex)
- Matraces aforados de 25 mL y 10 ML
- Vasos de precipitación de 50 mL
- Pipetas de 1,5 y 10 mL
- Tubos de ensayo con tapón
- Tubos de centrifuga
- Cubetas de plástico de 3 mL para espectrofotómetro visible
- Ácido gálico
- Metanol
- Agua destilada
- Reactivo de Folin-Ciocalteu
- Carbonato sódico 7,5%
- Fluoruro de sodio

Métodos:

Preparación de la muestra

1. Se deshumedeció la muestra con la ayuda de papel absorbente con la finalidad de quitar el exceso de humedad.
2. Se procedió a pesar la muestra, en una balanza analítica obteniendo como peso inicial 233 g.
3. Se colocó la muestra de flor de cabuya a una temperatura de 45 °C / 12 horas en una estufa.
4. Se sacó la muestra de la estufa y se pesó, dando un peso final de 51 g.

5. De lo 51 g de muestra seca se tomaron 10 g para realizar la caracterización.
6. A los 10 g de muestra tomada se le redujo su tamaño mediante un troceado con la finalidad de extraer de manera óptima sus principios activos.
7. Los 10 g de la muestra seca troceada se colocaron en un balón de 250 mL aforado con 100 mL de agua destilada.
8. Se colocó el balón sujetado mediante un soporte universal, dentro del equipo baño maría se lo sometió al ultrasonido a una temperatura de 50 °C por 30 minutos.
9. Culminada la extracción por ultrasonido, se realizó la filtración del líquido a un balón de 100 mL, mediante un embudo y papel filtro.
10. El extracto acuoso obtenido mediante filtración, se cubrió completamente con papel aluminio para evitar el contacto con la luz.

Determinación espectrofotométrica de polifenoles totales:

1. Del extracto acuoso obtenido, se tomó 1 mL en un matraz aforado de 10 mL.
2. Se agregó 0,5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu diluido a la mitad con agua destilada.
3. Se dejó en reposo por 10 minutos, posteriormente se agregó 0,5 mL de carbonato de sodio al 20% y se enrasó con agua destilada.
4. Se agitó y protegió de la luz con papel aluminio por 2 horas a temperatura ambiente.
5. Finalmente, la absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro uv-vis.

El contenido total de polifenoles se determinó utilizando una curva de calibración de ácido gálico y la concentración de polifenoles totales se expresó en mg equivalente de ácido gálico por 100 g de hojas de Agave americana en base a materia seca (mg equivalentes de ácido gálico/100 g ms), para ellos se empleó la siguiente ecuación, obtenida a partir del modelo matemático de la recta de calibrado de la ecuación.

$$A = 0,0734C - 0,0028 \text{ Ec.1}$$

Donde:

A: Absorbancia de la muestra

C: Concentración de la muestra (mg/L)

Procedimiento experimental:

Folin Ciocalteu

Preparación de disoluciones patrón de ácido gálico. Se hará una disolución de ácido gálico de 100 mg/L (disolución concentrada o madre).

Preparación del extracto de polifenoles de la muestra

Para la extracción de los compuestos fenólicos de la muestra se seguirá la metodología propuesta por Tomás-Barberán et al. (2001).

1. En un tubo tomar la cantidad adecuada de muestra y añadir etanol en relación 1:2.
2. Adicionar NaF 2 Mm para inactivar la enzima polifenol oxidasa y prevenir la degradación de los polifenoles durante el ensayo.
3. Homogeneizar el contenido de los tubos en el vortex y centrifugar a 10000 rpm durante 15 minutos a 10 °C.
4. Recuperar el sobrenadante.

Determinación de polifenoles en la muestra y en los patrones de ácido gálico:

1. Tomar 250 µL de cada disolución patrón de ácido gálico o del sobrenadante procedente de la extracción de los compuestos polifenólicos en la muestra y colocarlos en matraces aforados de 25 mL.
2. Añadir 15 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu.
3. Homogeneizar el contenido de los matraces y dejar reposar 8 minutos en oscuridad.
4. Transcurrido este tiempo, adicionar a cada matraz 3,75 mL de la disolución de
5. carbonato sódico al 7,5 % y llevar a un volumen de 25 mL con agua destilada.
6. Homogeneizar los matraces y mantener en oscuridad a temperatura ambiente durante 2 horas.
7. Medir la absorbancia a 765 nm

Determinación de antioxidantes

Método FRAP (Ferricion reducing antioxidant Power): En este método se mide la reducción de 2, 4, 6 Tripiridiltriazina Férrica (TPTZ) a un producto coloreado por la actividad de compuestos antioxidantes por Benzi y Strain en el año de 1996

1. Se tomaron 80 µl de la muestra en un matraz aforado de 10 mL y se añadieron 5 mL de disolución de FRAP.
2. Se aforó con agua destilada.
3. Se dejó reposar, en una estufa a 37 °C, por 30 minutos y se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm contra blanco.
4. Para esta determinación se añadieron en un matraz de 10 mL, 80 µl de muestra y 5 mL de disolución de FRAP.
5. Se dejó reposar en una cámara oscura a 37 °C, por 30 minutos.
6. Finalmente se midió la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm contra blanco.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balance de masa de la conserva de flor de cabuya

El balance de masa constituye un análisis cuantitativo empleado para calcular la cantidad de materia que entra y sale de un sistema o proceso industrial. Su aplicación tiene como objetivo principal garantizar la conservación total de los materiales en el sistema, evitando pérdidas significativas o acumulaciones no deseadas (14). Este enfoque se fundamenta en el principio de conservación de masa en un sistema cerrado durante un proceso o transformación, lo que implica que la masa total dentro del sistema se mantiene constante, es decir, la masa que ingresa al sistema es igual a la masa que sale más la masa acumulada internamente (15).

En el contexto del proceso de secado de la conserva de flor de cabuya (*Agave americana*), el balance de masa adquiere una importancia crucial para asegurar la eficiencia y el control del proceso de secado. Se aplica específicamente para determinar la cantidad de humedad eliminada durante el proceso de secado y garantizar la conservación total de la masa del producto. Para lograr esto, se lleva a cabo la medición y control preciso de la cantidad de agua que se evapora o elimina de la flor de cabuya durante el proceso de secado, como se ilustra en la Figura 1.

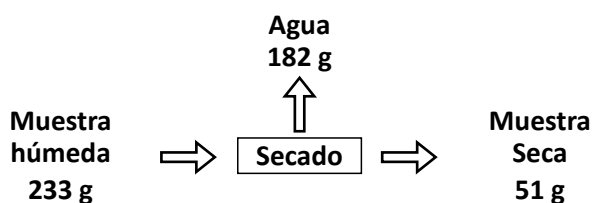


Figura 1. Esquema de balance de masa

$$\begin{aligned} \text{Masa de agua} &= \text{Masa inicial} - \text{Masa seca} & \text{Ec. 2} \\ \text{Masa de agua} &= 233\text{g} - 51\text{g} \\ \text{Masa de agua} &= 182\text{g} \end{aligned}$$

$$\% \text{ Humedad perdida} = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa inicial}} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

$$\% \text{ Humedad perdida} = \frac{182\text{g}}{233\text{g}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad perdida} = 78,11$$

$$\text{Masa de muestra seca} = \frac{\% \text{ Humedad perdida}}{\text{muestra seca}} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\text{Masa de muestra seca} = \frac{78,11}{100}$$

La Tabla 1 presenta los resultados de la actividad polifenólica obtenida a través del método *Folin-Ciocalteu* y la actividad antioxidante evaluada mediante el método FRAP. Se evidencia que la actividad antioxidante de la muestra seca de la conserva de Flor de cabuya (*Agave americana*) supera al contenido polifenólico de la misma. No obstante, las determinaciones de la cantidad de ambos compuestos fueron consideradas aceptables, posiblemente debido al troceado realizado a la muestra seca con el propósito de facilitar la extracción de la mayor cantidad del principio activo mediante el uso de un baño ultrasónico.

El análisis revela un contenido notablemente elevado de antioxidantes en la Flor de cabuya (*Agave americana*) en conserva, lo que posiciona este alimento no tradicional como una opción óptima para el consumo. Este resultado se respalda visualmente en la Figura 2, que detalla el método de conservación mediante la regulación de la acidez.



Figura 2. Conserva de Flor de Cabuya

Tabla 1. Actividad Polifenólica y actividad antioxidante de la conserva de flor de cabuya (*Agave americana*) en una muestra seca.

Conserva	Técnicas de análisis	
	Folin-Ciocalteu (Ácido gálico) 765 nm	FRAP (Trólox) 593 nm
Muestra seca mg/kg	868,5	65000

En el estudio de Gutierrez (16) sobre la actividad antioxidante y polifenólica en una conserva de arándanos, se observó una retención del 67,68% en la capacidad antioxidante, equivalente a 47,66 $\mu\text{mol Trolox eq/g}$ de muestra. Esta cifra contrasta significativamente con el 6,5% obtenido en la flor de cabuya. La notable disparidad en el porcentaje de antioxidantes podría atribuirse a las diferencias en los líquidos de gobierno presentes en cada conserva; específicamente, la conserva de arándanos contenía líquido de gobierno con sacarosa, mientras que la conserva de cabuya contenía líquido de gobierno con vinagre.

Delgado (17), en su estudio de caracterización de antioxidantes en conservas de pimentón, determinó que los antioxidantes en las variedades rojas y amarillas de tipo morrón mantienen niveles elevados tanto en su análisis en fresco como procesado. Esto sugiere que, a pesar del medio en el que se encuentran, la concentración fitoquímica no varía sustancialmente.

En otra investigación llevada a cabo por (18) en conservas de Nopal con el 3% de salmuera y 5% de vinagre en la muestra A, y 3% de salmuera más concentración de limón en la muestra B, se señaló una elevada capacidad antioxidante frente a los radicales libres según el método DPPH (A:

75,74 ± 2,00; B: 67,98 ± 4,35). Fajardo (19) añade que estos resultados son atribuibles a diversos factores como la composición del extracto de la especie vegetal que se utiliza en la conservación. Bravo (20) manifiesta que los encurtidos debido a su proceso fermentativo en un medio ácido disminuye paulativamente el nivel de pH por ende la variación de antioxidantes y fenoles. Dewanto (21) menciona que la aplicación de altas temperaturas a los vegetales en procesos de encurtidos mejoran significativamente la actividad antioxidante. Esto podría explicarse debido a una posible ruptura de enlaces covalentes presente en la pared celular de la planta, lo que dejaría en libertad a varios compuestos de la parte insoluble, de esta manera, el número de compuestos antioxidantes bioaccesibles para el organismo se ven incrementados notablemente (22). Clifford (23) atribuye la variación de antioxidantes en las conservas por ciertos minerales presentes en la especie vegetal como el cobre, zinc y selenio. A lo que Zhao (24) lo relaciona a la formación de nuevos compuestos de carácter anti-radical durante el proceso térmico. Bresa (25) determina que la utilización de un tratamiento térmico en

verduras antes de su procesamiento contribuye a la estabilidad oxidativa y mejora ciertos componentes bioactivos.

IV. CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo el análisis para identificar los componentes presentes en la conserva de flor de cabuya (*Agave americana*), se ha observado una alteración en su composición, destacando una predominancia de capacidad antioxidante sobre la presencia de compuestos polifenólicos. Este hallazgo sugiere que los consumidores podrían incorporar fuentes bioactivas provenientes de materias primas no tradicionales en la cocina nacional.

En conjunto, estos hallazgos respaldan la relevancia de continuar investigando y explorando el potencial de ingredientes no convencionales en la industria alimentaria, tanto por su impacto en la calidad de los productos como por sus posibles beneficios nutricionales para los consumidores.

V. REFERENCIAS

1. Payno M. Memoria sobre el maguey mexicano y sus diversos productos. In: Payno M, editor. Memoria sobre el maguey mexicano y sus diversos productos. Mexico City: ESIC; 2011. p. 4.
2. Loachamín C. Elaboración de biocombustibles a partir de dos variedades de Agave; Agave negro y Agave blanco con dos tipos de fermento en los zumos, a dos tiempos diferentes. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2015.
3. Meza V. Obtención de una bebida isotónica nutritiva carbonatada a partir del extracto del penco de cabuya negra. Ambato: Universidad Técnica de Ambato; 2011.
4. Enríquez-Estrella MÁ, Poveda-Díaz SE, Alvarado-Huatatoca GI. Bioactivos de la hierba luisa utilizados en la industria. Rev Mex Cienc Agric. 2023;14(1):1-11.
5. Chavez-Parga MDC, Pérez Hernández E, González Hernández JC. Revisión del agave y el mezcal. Rev Colomb Biotecnol. 2016;18(1). <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
6. Vasco Sarango KA. Elaboración de conservas de champiñón (*Agaricus bisporus*) utilizando cuatro diferentes líquidos de cobertura [Bachelor's thesis]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2013.
7. Figueroa M, Sosa E. Caracterización microbiológica y química de la savia de Agave americana L. (Cabuya Negra) de ecotipos de las provincias de Pichincha y Cotopaxi [Bachelor's thesis]. Quito: Universidad San Francisco de Quito; 2015.
8. Sarango KAV. Elaboración de conservas de champiñón (*Agaricus bisporus*) utilizando cuatro diferentes líquidos de cobertura [Bachelor's thesis]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2013.
9. García Mendoza A. Los agaves de México. Ciencias. 2007;87:14-23. Available from: <https://www>.

redalyc.org/pdf/644/64408704.pdf

10. Enríquez MÁ, Villafuerte-Mera F, Figueroa A, Mariño J. Efectos de los componentes bioactivos de frutas, vegetales, lácteos y plantas medicinales en la nutrición humana. *Rev Cienc Agropecuarias ALLPA*. 2023;6(11):2-24. ISSN: 2600-5883.
11. Enríquez EMA. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de una conserva de flor de cabuya negra (*Agave americana*) con diferentes niveles de ácido acético en el líquido de cobertura. *Rev Tecnológica - ESPOL*. 2021;33(1):8. <https://doi.org/10.37815/rte.v33n1.779>
12. Urcola MA, Nogueira ME. Producción, abastecimiento y consumo de alimentos en pandemia. El rol esencial de la agricultura familiar en la territorialidad urbano-rural en Argentina. *Eutopía: Rev Desarrollo Econ Territ*. 2020;(18):29-48.
13. Ponce Rosas FC. Características fisicoquímicas, sensoriales y bioactivas del pan de trigo sustituido parcialmente con harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.). 2018.
14. Cortés Martínez F, Treviño Cansino A, Sáenz López A, Ávila Garza CM. Balance de masa de procesos industriales para aguas de desecho. *Rev Arq Ing*. 2015;9(1):1-13. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19394844300>
15. Abadia MB, Bartosik RE. Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos: Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria. Ediciones INTA; 2013.
16. Gutiérrez Rodas M. Efecto de la actividad antioxidante en una conserva de arándanos. *Polo del Conocimiento*. 2022;7(11):1243-1263. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i11.4920>
17. Delgado CMC. Elaboración de conserva de pimiento morrón en aceite de girasol y determinación de sus características físico-químicas y antioxidantes por el método de DPPH. Universidad de Guayaquil; 2014.
18. Monar GMQ. Las conservas vegetales y su capacidad antioxidante. CIDEPRO; 2018.
19. Fajardo FJU, de Ustáriz MEL, Briceño KM, Carrero VS, Rojas-Fermín LB, de Rojas YEC, et al. Composición y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ageratina neriifolia* (Asteraceae) de Mérida-Venezuela. *Rev Cub Farm*. 2020;54(1):1-16.
20. Enríquez M, Serrano G. Efecto de los aceites esenciales de plantas aromáticas en la conservación de embutidos. *Rev Soc Cient Parag*. 2024;29(1):1996-225.
21. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*. 2002;50:3010-3014.
22. Pulido R, Bravo L, Saura-Calixto F. Antioxidant capacity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *J Agric Food Chem*. 2000;48:3396-3402.
23. Clifford M. Diet-derived phenols in plasma and tissues and their implications for health. *Planta Med*. 2004;70(12):1103-1114. doi:10.1055/s-2004-835835.
24. Zhao H, Chen W, Lu J, Zhao M. Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. *Food Chem*. 2010;119:1150-1158.
25. Bressa F, Tesson N, Rosa M, Sensidoni A, Tubaro F. Antioxidant effect of Maillard reaction products: application to a butter cookie of a competition kinetics analysis. *J Agric Food Chem*. 1996;44(3):692-695. doi:10.1021/jf950436b.