



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ARTICULO CIENTÍFICO

EVALUACIÓN DE ACRILAMIDA EN LA FRITURA DE
PAPA (*Solanum tuberosum*) DIACOL – CAPIRO TIPO
BASTÓN, UTILIZANDO DOS TIPOS DE ACEITE

Autor: Darwin Fernando Ortega Gutiérrez

Director: Dra. Lucia del Carmen Toromoreno Arévalo MSc.

Asesores: Ing. Rosario Espín MBA.

Ing. Carla Sandoval MSc.

Ing. Iván Vaca MSc.

Ibarra – Ecuador

Febrero 2019

Datos Informativos



Apellidos: Ortega Gutiérrez

Nombres: Darwin Fernando

C. Ciudadanía: 040164998 – 3

Teléfono Celular: 0998590950

Correo electrónico: dafer_1587@hotmail.com

Dirección: San Gabriel, Parroquia González Suárez, Calle 27 de Septiembre y Colón S/N

Año: 2019

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

FICAYA UTN

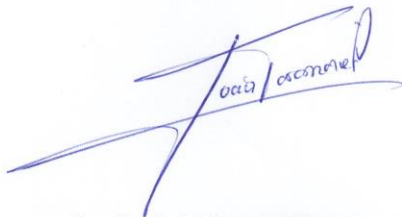
FECHA: 18-02-2019

DARWIN FERNANDO ORTEGA GUTIERREZ "EVALUACIÓN DE ACRILAMIDA EN LA FRITURA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) DIACOL – CAPIRO TIPO BASTÓN, UTILIZANDO DOS TIPOS DE ACEITE"/ TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra.

DIRECTOR: Dra. Lucia del Carmen Toromoreno Arévalo MSc.

El objetivo principal de esta investigación fue Evaluar acrilamida en la fritura de papa (*Solanum tuberosum*) Diacol-Capiro. tipo bastón con dos tipos de aceite.

Fecha: 18 de Febrero del 2019



Dra. Lucia del Carmen Toromoreno Arévalo
Directora de trabajo de Titulación



Darwin Fernando Ortega Gutiérrez
Autor

EVALUACIÓN DE ACRILAMIDA EN LA FRITURA DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) DIACOL – CAPIRO TIPO BASTÓN, UTILIZANDO DOS TIPOS DE ACEITE

Ortega Gutiérrez Darwin Fernando.

Carrera de Agroindustria/Facultad de Ciencias Agropecuaria y Ambientales/Universidad Técnica del Norte.

dafer_1587@hotmail.com

RESÚMEN

La presente investigación se realizó en la Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia El Sagrario en las instalaciones de los laboratorios de gastronomía de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica del Norte y los análisis se realizaron en los laboratorios de análisis físico, químicos y microbiológicos de la Universidad Técnica del Norte.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar acrilamida en la fritura de papa (*Solanum tuberosum*) Diacol – Capiro tipo bastón con dos tipos de aceite. Entre los objetivos específicos se realizó una caracterización físico química de la materia prima, se estableció los mejores niveles de temperatura y mezclas de aceite sobre el contenido de acrilamida en el producto final, se evaluó el contenido de acrilamida las características físico químicas y organolépticas del producto final.

El objetivo del presente estudio es determinar los diferentes factores que conllevan a la formación de acrilamida en la fritura de alimentos específicamente en la papa ya que es uno de los principales alimentos de ingesta diaria de la humanidad.

Para el análisis estadístico se empleó dos diseños experimentales el primero es un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial $A \times B + 2$ donde A corresponde a la mezcla de dos tipos de aceite de palma y de girasol, B corresponde a la temperatura de fritura de la papa tipo bastón Diacol – Capiro, el testigo uno corresponde al aceite de palma al 100 % y el testigo dos al aceite de girasol al 100 %. El segundo corresponde a un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial $A \times B$ donde A corresponde a la temperatura de fritura de la papa tipo bastón

Diacol – Capiro y B corresponde a los tipos de aceite al 100 %.

En la presente investigación se evaluó dos tipos de variables cualitativas y cuantitativas, las primeras corresponden al análisis de color, textura – dureza, y aceptabilidad del producto final. Dentro de las variables cuantitativas tenemos los análisis físicos de la papa frita como la humedad, sólidos totales, los análisis químicos de la papa frita como la ceniza la determinación de acrilamida, los azúcares reductores, la grasa y la proteína. Se realizaron análisis físicos de la mezcla de los aceites fritos como la densidad, el índice de refracción, el punto de nube. También se realizó análisis químicos a la mezcla de los aceites fritos como es el índice de yodo, densidad, enturbiamiento. Además, se realizó un análisis comparativo de variables cualitativas y cuantitativas mediante componentes principales.

Una vez realizado los respectivos análisis de las variables se determinó que las mezclas de los aceites y las temperaturas de fritura influyen en el contenido de acrilamida en la papa. La variedad Diacol Capiro es la más adecuada para el proceso de fritura debido a sus bondades en lo que respecta a sus características físico químicas, la mezcla de aceite de palma y girasol en igualdad de proporciones generan menor cantidad de acrilamida en la papa frita, las temperaturas de fritura iguales o inferiores a 120 ° C son las más adecuadas ya que generan menor cantidad de acrilamida o no se llega a

detectar, el tiempo de fritura de la papa varía dependiendo de los grados de temperatura que se emplea en el proceso es decir a mayor temperatura menor tiempo de fritura pero con ello se incrementa la generación de acrilamida. Se sugiere además un máximo de dos veces la reutilización de los aceites en fritura para no elevar el riesgo de formación de acrilamida.

Palabras clave: aceites, acrilamida, fritura, humedad, papa, rancidez, temperatura.

ABSTRACT

This research was carried out in the Province of Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia El Sagrario in the facilities of the laboratories of gastronomy of the Faculty of Health Sciences in the Universidad Técnica del Norte University and the analyzes were carried out in the laboratories of physical, chemical and microbiological use of the university.

The main objective of the research was to evaluate acrylamide in the frying of potato (*Solanum tuberosum*) Diacol - Capiro cane type with two types of oil. Among the specific objectives, a physical chemical characterization of the raw material was carried out, the best temperature levels and oil mixtures were established on the acrylamide content in the final product, the acrylamide content was evaluated, the physicochemical and organoleptic characteristics of the product final.

The objective of the present study is to determine the different factors that lead to

the formation of acrylamide in the frying of food specifically in potatoes since it is one of the main foods of daily intake of mankind.

Two experimental designs were used for the statistical analysis: the first is a completely randomized design (DCA) with eight treatments, three replications with a factorial arrangement $A \times B + 2$ where A corresponds to the mixture of two types of palm oil and sunflower, B corresponds to the frying temperature of the Diacol - Capiro cane type, the control one corresponds to the 100% palm oil and the control two to the 100% sunflower oil. The second corresponds to a completely randomized design (DCA) with four treatments, three repetitions with a factorial arrangement $A \times B$ where A corresponds to the frying temperature of the cane type Diacol - Capiro and B corresponds to the types of oil 100%

In this research two types of qualitative and quantitative variables were evaluated, the first correspond to the analysis of color, texture - hardness, and acceptability of the final product. Within the quantitative variables we have the physical analyzes of the fried potato like the humidity, the time of frying of the potato and the total solids, the chemical analyzes of the fried potato like the ash the determination of acrylamide, the reducing sugars, the fat and the protein. Physical analysis of the mixture of fried oils such as density, refractive index, cloud point and rancidity of the oils were carried out. Chemical analysis was also carried out on the mixture of fried oils, such as the iodine

index, density and cloud point. In addition, a comparative analysis of qualitative and quantitative variables was carried out using main components.

Once the respective analysis was performed, it was determined that the mixtures of the oils temperatures influence the content of acrylamide in the potato. The Diacol Capiro variety is the most suitable for the frying process due to its benefits in terms of its physical and chemical characteristics, the mixture of palm oil and sunflower in equal proportions generate less acrylamide in the fried potato, frying temperatures equal to or lower than 120 ° C are the most appropriate since they generate less acrylamide or can not be detected, the frying time of the potato varies depending on the degrees of temperature used in the process. the higher the temperature, the shorter the frying time, but with this the generation of acrylamide increases. It is also suggested a maximum of two times the reuse of the oils in frying so as not to increase the risk of acrylamide formation.

Keywords: acrylamide, frying, humidity, oils, potato, rancidity, temperature.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos que contienen almidón y son expuestos a altas temperaturas son los más propensos a generar acrilamida misma que se incrementa con el tiempo de calentamiento. Investigadores han orientado sus estudios sobre los posibles mecanismos de formación de la acrilamida en los

alimentos (Zyzak, y otros, 2003), los cuales han confirmado que la mejor vía de síntesis en alimentos fritos generan la conocida reacción de Maillard (Coughlin, 2003); (Wedzicha, Dodson, & Mottram, 2002), en que interviene un azúcar reductor y un grupo NH_2 de un aminoácido libre o disponible.

La reacción de la glucosa con la asparagina da lugar a la formación de un enlace entre el carbono carbonílico del azúcar y el nitrógeno del grupo amina de la asparagina (Calvo, 2002), La eliminación de agua de este compuesto da lugar a la formación de una base de Schiff, la cual se descarboxila y se rompe mediante dos posibles reacciones, en una de ellas da lugar directamente a acrilamida y en la otra a 3-aminopropionamida, que se transforma también en acrilamida (Wedzicha, Dodson, & Mottram, 2002). “Otros aminoácidos que producen cantidades menores de acrilamida son: alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, metionina, treonina y valina” (Stadler, et al, 2002).

El hallazgo de acrilamida en algunos alimentos es motivo de preocupación para la OMS, ya que esta es carcinogénica para el ser humano, por tanto, se evaluó por primera vez, los niveles de acrilamida en diversos alimentos para responder a las recomendaciones de las autoridades de salud pública, con metodología validada, se sabe que tiene acción neurotóxica para las personas, tras la administración por vía oral de dosis únicas de acrilamida 1-10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal por día. (Garzón, Evaluación

de acrilamina en alimentos colombianos, 2014).

Estudios en ratones de laboratorio han demostrado que la acrilamida es un compuesto cancerígeno causante de pérdida de las características fenotípicas que producen una respuesta aguda con generalidades tóxicas en las células somáticas y germinales, posee el potencial de inducir daños hereditarios en los genes y cromosomas. Aunque en seres humanos no se ha demostrado su efecto, se determinó que la acrilamida es neurotóxica, provocando cambios en el sistema nervioso. (Godnic, 2014)

Con estos antecedentes se hace necesario realizar la presente investigación ya que los hábitos alimentarios actuales incluyen grandes cantidades de productos que contengan almidón sometidos a fritura en altas temperaturas por lo que tienen un nivel considerable de acrilamida en la ingesta diaria por lo tanto hace necesario determinar en el caso de las papas fritas las cantidades de la misma para tener un registro y así a futuro si repercute en la salud humana hacer uso de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material Experimental: Se utilizó la variedad de papa (*Solanum tuberosum*) Diacol - Capiro y los aceites de palma y de girasol.

2.2 Materiales: agitador, balanza digital Cap. 3000 g, colador metálico, cuchillo, pelador de papas, picadora de papas,

recipientes metálicos, recipientes de plástico. HPLC

Metodología.

Se utilizó dos diseños experimentales el primero es un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial A x B + 2 donde A corresponde a la mezcla de dos tipos de aceite de palma y de girasol, B corresponde a la temperatura de fritura de la papa tipo bastón Diacol – Capiro, el testigo uno corresponde al aceite de palma al 100 % y el testigo dos al aceite de girasol al 100 %. El segundo corresponde a un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos, tres repeticiones con un arreglo factorial A x B donde A corresponde a la temperatura de fritura de la papa tipo bastón Diacol – Capiro y B corresponde a los tipos de aceite al 100 %.

Análisis físicos de la papa frita tipo bastón

- Humedad: se utilizó el método AOAC 925.10.
- Sólidos totales: se determinó mediante el ensayo AOAC 925.10

Análisis químicos de la papa frita tipo bastón

- Cenizas: se utilizó el método de ensayo AOAC 923.03.
- Azúcares reductores: se usó el método AOAC 906.04.
- Grasa: El método de ensayo que se utilizó es el AOAC 920.85.

- Proteína: El método de ensayo que se utilizó es AOAC 920.87.
- Acrilamida: se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

Análisis físicos en la mezcla de los aceites fritos

- Densidad: es la relación entre la masa de un volumen dado de sustancia a 25 °C y la masa de un volumen idéntico de agua a 25 °C.
- Índice de refracción: se realizó mediante el ensayo INEN 42.
- Punto de enturbiamiento (CLOUD POINT): se realizó mediante el método de ensayo INEN 1639
- Rancidez: se realizó por el Método de Kreiss

Análisis químicos en la mezcla de los aceites fritos

- Índice de yodo: el índice de yodo es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico químico de la papa

La tabla 1, presenta los resultados de los análisis que se realizó a la materia prima de la variedad Diacol capiro, estudiada y en estado de madurez comercial.

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de la papa

| Parámetro analizado | Unidad | Resultado | Método de ensayo |
|---------------------|--------|-----------|------------------|
|---------------------|--------|-----------|------------------|

| | | | |
|------------------------------------|----------|-------|----------------------------|
| Contenido de humedad | de % | 77,2 | AOAC 925.10 |
| Cenizas | % | 2,18 | AOAC 923.03 |
| Extracto etéreo | % | 0,02 | AOAC 920.85 |
| Ácido Ascórbico | mg/100 g | 25,4 | AOAC 967.21 |
| Fibra total B.S. | % | 9,2 | AOAC 978.10 |
| Proteína B.S. | % | 1,8 | AOAC 984.13 AOAC 906.04 |
| Azúcares Reductores Totales | % | 0,12 | |
| Almidón | % | 17,95 | |

El aporte nutricional de las papas (*Solanum tuberosum*) es importante por la calidad y cantidad de sus carbohidratos, especialmente el almidón que contribuye con un 80% del total de materia seca de los tubérculos (Dean & Thornton, 2003). La cantidad de sacarosa, glucosa y fructosa depende del cultivar y momento de cosecha de las papas. El contenido de azúcar puede llegar a un 10% del peso seco de los tubérculos (Kadam & Wakier, 1991).

Se puede apreciar en la tabla el nivel del almidón es significativo en esta variedad. Al tener mayor cantidad de almidón y ser elevada a altas temperaturas, la activación de la asparagina será mayor y con esto aumentará el contenido de acrilamida.

El agua es un medio de transporte para los nutrientes celulares y sus metabolitos primarios y de desecho, facilita el transporte de los gases CO₂ y O₂. Su cantidad forma molecular y su localización dentro del producto alimentario son factores que afectan de modo significativo a sus

características específicas como apariencia, textura, color (Pearson, 2008). En la tabla 15 se puede apreciar un valor de contenido de humedad de la papa mientras más alto sea mayor será la absorción de aceite en la papa frita, el agua se reemplaza con el aceite.

La proteína de la papa oscila entre 1 – 1,5 % del peso del tubérculo fresco. En comparación con otras fuentes vegetales crudos, las papas no se consideran una buena fuente de proteína. Sin embargo, la proteína de la papa tiene un excelente valor biológico. (Federación Colombiana de Productores de Papa, 2014). La variedad Diacol Capiro tiene un valor superior de proteína referente a lo que dice la teoría.

El aumento en los azúcares reductores, fructosa y glucosa, afectan la calidad del producto elaborado, tanto en papas “chips” como bastones fritos, que depende de las condiciones ambientales y prácticas culturales durante su periodo de crecimiento como el desbalance de fertilización, la falta de humedad y temperaturas extremas que pueden resultar en muerte temprana de la canopia. Las bajas temperaturas de almacenamiento también tienen un efecto en el contenido de azúcares en papas. (Sowokinos, 1990), en la tabla se puede apreciar un valor bajo de azúcares reductores de esta variedad lo que permite que no se dañe la calidad de la papa hasta el momento de la fritura.

Análisis físico químico de los aceites

En la tabla 2 se muestran los valores de los resultados y los métodos de los análisis de las mezclas de los aceites utilizados en la investigación. Se puede apreciar que son similares entre ellos, pero a la hora de utilizar para la fritura de la papa, el comportamiento varía.

Tabla 2. Análisis físico químico de los aceites

| Parámetro analizado | Unidad | Resultado | | |
|----------------------|--------|-----------|------|------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Densidad relativa | ----- | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| Índice de refracción | ----- | 1,46 | 1,46 | 1,46 |
| Punto de nube | ° C | 11,0 | 10,8 | 8,0 |

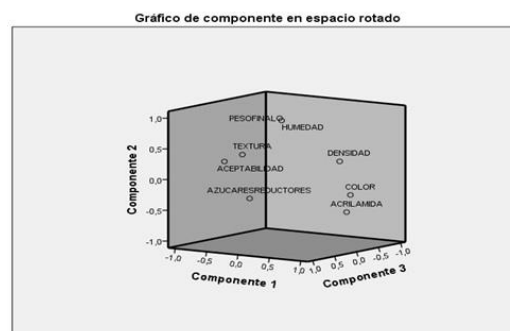
Desde el punto de vista “calidad” del aceite, mientras más saturado sea resiste más a altas temperaturas debido su enlace simple sin embargo los aceites saturados son sólidos a temperaturas bajas. (UPC, 2018).

La densidad del aceite cambia con la temperatura conforme aumenta la temperatura, el aceite se dilata y por tanto su densidad disminuye. (Densidad.net, 2010). Por ello, es necesario expresar la densidad del aceite en relación a la temperatura, la densidad relativa de la mezcla de aceites es menor a la densidad del aceite puro de palma u girasol según la norma ecuatoriana INEN 2421: 2012 aceite de palma y la norma INEN 26:2012 aceite de girasol. (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2019).

En el índice de refracción dependiendo de la composición del aceite, encontraremos unos más resistentes que otros a este proceso, es decir, a la fritura. (García de la Cruz, 2017). Si se mezclan dos líquidos mutuamente solubles, el índice de refracción de la disolución resultante es función de la concentración de cada uno de los líquidos, las mezclas de aceite presentan diferencia no significativa en cuanto a este análisis. Según las normas ecuatorianas del INEN 2421: 2012, INEN 26:2012 la mezcla de los aceites se encuentra en un valor intermedio con relación a los aceites puros. (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2019).

El punto de humo es la temperatura a la que el aceite comienza a humear. Al calentar el aceite por encima de ese punto, este alcanza temperatura de inflamabilidad y hace que se quemé. En cada ciclo de fritura los puntos de humo y de inflamabilidad disminuyen, lo que tiene como consecuencia que el aceite vaya perdiendo calidad y por tanto no se puede reusar más de tres veces. (Salgado, 2017).

Análisis de variables cualitativas y cuantitativas



En la figura se indica los parámetros que se encuentran más próximos a los componentes con los que se correlacionan.

En la figura, se observa que acrilamida y los azúcares reductores se encuentran en diferentes componentes, esto permite identificar que los azúcares reductores no tiene relación con la cantidad de acrilamida que pueda existir en la fritura, la acrilamida interfiere en el color ya que es la que más se aproxima de todas las variables, según (Morales, y otros, 2008), el color dorado de los bastones de papa frita se deben a la acrilamida, las pruebas realizadas por (Romani, Bacchiocca, Rocculi, & Dalla, 2009), confirman e indican que después de un tiempo prolongado de fritura el alimento se torna en un producto muy dorado y forma una costra.

Las variables que se relacionan en el componente 3 son el peso final y la humedad, según (Calvo, 2002), mientras más humedad tenga la papa su peso final será mayor porque el agua se reemplaza con el aceite en el momento de la fritura, es decir son variables que interfieren.

El resto de las variables como se observa en la figura se encuentran dispersas, de tal forma que no interfieren la una con la otra.

CONCLUSIONES

- La mezcla de los aceites y la temperatura de fritura influyen en el contenido de acrilamida en la papa (*Solanum tuberosum*) Diacol-Capiro tipo bastón

por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

- La variedad Diacol-Capiro utilizada en la investigación es adecuada para el proceso de fritura debido a que los componentes: porcentaje de azúcares reductores, proteína y bajo contenido de humedad es favorable frente al de otras variedades.
- En la investigación la mezcla de dos tipos de aceite el porcentaje en igualdad de proporciones de aceite de palma y girasol T3 (50 % de palma – 50 % girasol – 120 ° C) es el óptimo ya que generó menor cantidad de acrilamida.
- El aceite de palma resiste altas temperatura de fritura debido a la estabilidad de las grasas en un rango de (160 a 200 ° C) el comportamiento es regular o bueno, frente al aceite de girasol que se encuentra entre (140 a 160 ° C) su estabilidad es muy pobre.
- Las temperaturas óptimas de fritura de papa son de 120 ° C o menores ya que se produce menor cantidad de acrilamida o a su vez no se detecta presencia de la misma.
- El tratamiento que genera mayor cantidad de acrilamida es el T5 (70 % de palma – 30 % girasol – 120 ° C) que es aceptado sensorialmente frente al mejor tratamiento estadístico que fue el T3 (50 % de palma – 50 % girasol – 120 ° C) que genera menor cantidad de acrilamida.
- El tiempo de fritura de la papa varía dependiendo de los grados de temperatura que se emplea, es decir, a

temperaturas superiores a 120 ° C y con poca humedad menor será el tiempo de fritura, aunque mayor nivel de acrilamida debido al contenido de azúcares reductores.

- Dentro de la evaluación de variables no paramétricas los degustadores tienen preferencia por el T5 (70% de palma – 30 % de girasol – 120 ° C).

RECOMENDACIONES

- No utilizar aceite de girasol en frituras de alimentos con temperaturas superiores a 180 ° C, ya que la estabilidad de este se modifica.
- Realizar otros estudios en productos que contengan altos niveles de almidón, debido a que es el componente principal para la formación de acrilamida ya que el grupo amina es el formador de la toxina.
- Investigar si los azúcares reductores y contenido de humedad de la papa *Solanum tuberosum* L. de la variedad SUPERCHOLA, inciden en la formación de acrilamida.
- Regularizar los procesos de fritura de alimentos ricos en almidón como medio de control de valores aceptables de acrilamida y evitar así el riesgo de cáncer por el consumo de estos alimentos.
- Se sugiere máximo dos veces la reutilización de aceites en fritura debido a su desgaste, ya que su estructura se modifica liberando aldehídos y radicales libres que son nocivos para la salud que

elevan el riesgo de formación de acrilamida.

BIBLIOGRAFÍA

AccuStandard. (2014). *Leader in Analytical Reference Standards*. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Leader in Analytical Reference Standards: <http://store.accustandard.com/acrol-ein-acrylamide-acrylonitrile.html>

AECOSAN. (24 de 07 de 2017). *Acrilamida*. Obtenido de http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/Acrilamida_ficha_JUL17.pdf

Aguliera, J. (1997). *Temas en Tecnología de Alimentos. Fritura de Alimentos* (Vol. Volumen I). (I. P. Nacional, Ed.) CYTED. Recuperado el 22 de 11 de 2014

Alvarez Gil, D. M. (Diciembre de 2005). *Monografias.com*. Recuperado el 22 de 11 de 2014, de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos31/fritura-alimentos/fritura-alimentos.shtml>

Ames, J. (1992). The Maillard reaction. In *Biochemistry of food Proteins*. En *Elsevier Applied Science* (págs. 150 - 154). London .

Andrade, H. (1997). *Alternativas de Industrialización*. Perú: OIA-MINAG e INIAP. Recuperado el 22 de 11 de 2014

- Anzaldúa-Morales , A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. España: Editorial Acribia.
- AOAC INTERNATIONAL. (2015). Obtenido de https://www.aoac.org/AOAC_Prod_Ims/AOAC_Member/Default.aspx?WebsiteKey=2e25ab5a-1f6d-4d78-a498-19b9763d11b4&hkey=8fc2171a-6051-4e64-a928-5c47dfa25797
- Benedict, R. (1907). THE DETECTION AND ESTIMATION OF REDUCING SUGARS. *Journal of Biological Chemistry*, 3, 101–117.
- Bernal Garcia , J. J. (2017). *Modelización de los factores mas importantes que caracterizan un sitio en la red* . Cartajena - Colombia : Universidad Politecnica de Cartajena .
- Bernal, C. A. (2006). *"Metodología de la Investigación"* (Segunda Edición ed.). Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Bill, H., & Andrade, H. (1998). *"Variedades de papa cultivadas en el Ecuador PNRT-papa, INIAP"*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Blumenthal, M.M. (1992). In edible oil fat products: Products and application technology. (5. b. (3), Ed.) *Frying technology*.
- Botanical-Online. (1999-2014). www.Botanical-online.com. Recuperado el 27 de 06 de 2014, de www.Botanical-online.com: http://www.botanical-online.com/aceite_de_girasol_propiedades.htm
- Bouchon, P. (2002). *Modeling oil Uptake During Frying*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Cadena , L. (2007). *Estudio de la Cadena de la Papa*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Caicedo, C. (1993). *"Estudio y promoción de la Tuberosas Andinas dentro del Agro ecosistema Andino en Ecuador"*. Quito. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Calvo, M. (Abril de 2002). *Universidad de Zaragoza*, online. Recuperado el 09 de 02 de 2019, de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucres/acrilamida.html>
- Cifuentes Checa, M. C., & Campoverde Torres, A. C. (Diciembre de 2013). *Repositorio Digital U.P.S.* Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de Repositorio Digital U.P.S: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5816/1/UPS-QT04109.pdf>
- Cortez, M. R. (2009). *Cultivo de Papa*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Cortez, M., & Hurtado , G. (2002). Guía Técnica Cultivo de la papa. *CENTA*, 28.

- Cortiza Penichet, M. (2008). Recuperado el 12 de 01 de 2019, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2008/cgg.pdf>
- Coughlin, J. (2003). *Acrylamide: What we have learned so far*. Food Technology. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Dean, B., & Thornton, R. (2003). INFLUENCIA DEL ALMACENAMIENTO EN ATMOSFERA CONTROLADA SOBRE EL CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES Y REDUCTORES DE PAPAS cv. RANGER RUSSET. *Ciencia Agraria*, 1-14.
- Delgado, W. (2004). *Por que se enrancian las grasas y los aceites*. Palmas. Colombia. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Densidad.net. (25 de 08 de 2010). *Qué es la densidad, cómo medirla, densidad de los principales elementos y componentes*. Obtenido de Densidad del aceite: <http://www.densidad.net/densidad-del-aceite/>
- Dobarganes, C., Márquez Ruiz, G., & Velasco, J. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 521, 528.
- Duarte Beltràn, L. C., & Guerròn Pozo, S. (2011). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/791/3/03%20AGP%20115%20TESIS%20CD.pdf>
- EcuRed. (s.f.). *EcuRed:Enciclopedia cubana*, online. (EcuRed) Recuperado el 09 de 02 de 2019, de https://www.ecured.cu/Aceite_de_girasol#Fases_a_la_que_sometida_la_planta
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on Acrylamide in Food - EFSA Panel on Contaminants in the food Chain (CONTAM). *EFSA Journal*(no. 6:321).
- EL COMERCIO. (07 de 01 de 2014). En Ecuador se consumen 23 kilos de papa por persona, al año. *El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/tag/magap/2>.
- EL TIEMPO. (02 de Marzo de 2003). Aceite de palma un alimento indispensable. Recuperado el 09 de 02 de 2019, de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-978456>
- ELSEVIER. (2015). Rapid methods for detecting acrylamide in thermally processed foods:. *Food control*, 145.

- Espinal, C. F. (2006). *Cadena de la Papa Colombiana*. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Fedepalma. (15-19 de Noviembre de 1986). (146). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/viewFile/4105/4096>
- fedepapa. (Diciembre de 2012). La papa, alimento esencial y saludable. (M. C. Saenz, Ed.) *Revista Papa*(N° 26). Recuperado el 22 de 11 de 2014, de <http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/revistas/ed26.pdf>
- Federación Colombiana de Productores de Papa. (2014). *fedepapa*, html. (FEDEPAPA, Productor) Recuperado el 03 de 11 de 2014, de <http://www.fedepapa.com/?s=&submit=Ir>
- Fellows, P. (2017). *Food Processing Technology*. U.S.A: Woodhead Publishing.
- Franco, I. A. (2011). *Alimentos Argentinos - MinAgri*. Recuperado el 29 de 06 de 2014, de www.alimentosargentinos.gov.ar: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/aceites/Informes/AplicacionesAceitesGrasas_2011_11Nov.pdf
- García de la Cruz. (05 de 09 de 2017). *García de la Cruz*, online. Recuperado el 12 de 01 de 2019, de <http://www.aceitesgarcíadelacruz.com/puntos-de-humo-de-los-aceites-comestibles/>
- García Salcedo, A., Serna García, M., & López Valencia, J. (Agosto de 2012). *Scribd*. (M. Gómez, Ed.) Recuperado el 2014 de 11 de 18, de <http://es.scribd.com/doc/102546657/Analisis-Instrumental-Para-La-Determinacion-de-Textura-en-Seis-Varietades-de-Papas-Fritas-Comerciales>
- Garzón, A. (2014). *Evaluación de acrilamina en alimentos colombianos*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 19 de 12 de 2018, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16060/GarzonBelenoAngelicaMaria2014.pdf?sequence=1>
- Godnic, M. (05 de 06 de 2014). *Educapalimentos*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de http://educapalimentos.org/site2/archivos/actualidad_alimentaria/acrilamin.pdf
- González Flores, A. E. (2014). *Influencia del recubrimiento comestible y la temperatura en la transferencia de calor y de masa durante el freído por inmersión y la textura de trozos de BATATA*. Argentina : Universidad de Córdoba .

- Gutierrez Ballejo, L. (Enero de 2001). DIACOL CAPIRO PARA LA AGROINDUSTRIA. *CARE PERU*. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/2854/3/BVCI0002892.pdf>
- Herrera, M., & Montesdeoca, F. (1998). "*El sub sector de la papa en el Ecuador Industrializacion de la papa INIAP*". Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Hodge, J. (1953). Dehydrated foods - chemistry of browning reactions in model systems. En *Food Chem* (págs. 928-943).
- Hodge, J. (1967). Origin of flavor in foods: Nonenzymatic browning reactions. . En *In Chemistry and Physiology of Flavors* (págs. 465 - 491). AVI Publishing Company, Inc.
- INEC. (Octubre de 2011). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Boletín Agropecuario Mensual*(N° 15).
- INEN. (08 de 1973). *GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 42:1973: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0042.1973.pdf>
- INEN. (08 de 1973). *GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. DETERMINACION DEL INDICE DE YODO*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0037: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0037.1973.pdf>
- INEN. (04 de 1988). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 639: <https://archive.org/stream/ec.nte.1639.1988#page/n1/mode/2up>
- INEN. (10 de 2010). *BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES. REQUISITOS*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 561:2010: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2561.2010.pdf>
- INEN. (05 de 2012). *ACEITE DE GIRASOL*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 26:2012: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/26-1.pdf>
- INEN. (2012). *ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 0035:2012: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/nte_inen_0035.pdf
- INEN. (04 de 2012). *GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. ACEITE DE PALMA (OxG) ALTO OLEICO. REQUISITOS*. Instituto Ecuatoriano de Normalizaciòn. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de Norma Tècnica Ecuatoriana NTE INEN 2421:2012: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2421-2.pdf>
- Jiménez, S., Morales, F., Gema, L., & Marti, E. (2007). *Formación de acrilamida durante el procesado y cocinado de aliment*. Madrid - España: Instituto del Frio Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- Kadam, S., & Wakier, B. (1991). Structure, nutritional composition and quality potato. *Ciencia Agraria* .
- Laboratorio de Geomàtica, U. F. (10 de 06 de 2014). CARTOGRAFIA BASE ANALOGICA DIGITAL 1:50000.
- Ledea Lozano, M. E. (10 de Julio de 2003). *Revista CENIC Ciencias Quimicas*, 35(1). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCQ/sites/default/files/articulos/CQ-2004-1-033-034.pdf>
- Leiva, F. (2006). *"Nociones de Metodologia de Investigacion Cientifica"* (Quinta Edicion ed.).
- Lercker, G., & Carrasco, A. (2000). *Proceso culinario de la fritura* . Madrid.
- López , A., & Alfaro, M. (2007). Acrilamida en alimentos de consumo humano. *Sanid Milit*, 61.
- M Olmo, R. (2017). *HyperPhysics*, online. (G. S. University, Productor) Recuperado el 12 de 01 de 2019, de Department of Physics and Astronomy: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/heatra.html>
- Masson, L., Muñoz, J. R., Romero, N., Conrado , C., Encina, C., Hernández, L., . . . Paz , R. (27 de 05 de 2017). *Acrilamida en patatas fritas*. Recuperado el 19 de 06 de 2014, de http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/6054/Masson_Lilia.pdf?sequence=1
- Matthaüs, B., Vosmann , K., & Haase , N. (2004). Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fatfrying of potatoes. *ur. J. Lipid Sci. Technol*, 106, 793, 801.
- Medina, G. (2012). *Aceites y grasas comestibles* . Medellín: Universidad de Antioquia.

- Meilgaard, M., Civille, G., & Carr, B. (2006). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press.
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Food Science and Technology*, 364-373.
- Menacho, L. (2013). *Guía práctica de tecnología de aceites y grasas*. Chimbote.
- Mendez, C. (1995). "Guía para elaborar diseños de investigación en Ciencias Económicas, Contables y Administrativas" (Segunda Edición ed.).
- Montes O, N., Millar M, I., Provoste L, R., Martínez M, N., Fernández Z, D., Morales I, G., & Valenzuela B, R. (Octubre de 2015). Absorción de aceite en alimentos fritos. 89. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n1/art13.pdf>
- Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. (Octubre de 2015). *SciELO*. Obtenido de Scientific Electronic Library Online.
- Morales, F., Somoza, V., & Fogliano, V. (2012). Physiological relevance of dietary melanoidins. En *Amino Acids* (págs. 1097 - 1109).
- Morales, F., Gema Arribas, L., Jimenez Perez, S., Jimenez Navarro, P., Alarcon Serrano, E., Borge Larrañaga, J., & Maritin Gutierrez, J. (Mayo de 2008). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/49549/1/NOISI-14-2008-ALIMENTARIA-Acrilamida-IMSP-IF.pdf>
- Moreno, J. D. (2009). *Calidad de la papa para industrialización*.
- Morón, J., Zamudio, J., López, R., & Tacanga, W. (2013). *Influencia de la temperatura y tiempo de fritura de papa (Solanum tuberosum) variedad Yungay en el color medido por visión computacional*. Trujillo - Perú: Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo). Obtenido de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/359>
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., & Dodson, A. T. (2002). *Acrylamide formed in the Maillard reaction*. Nature.
- Moyano, P., & Pedreschi, F. (2005). Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT*, 599-604. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Muñoz, J. (2007). *Reducción del contenido de acrilamida en hojuelas de papas fritas por aplicación de*

- pretratamientos y deferentes temperaturas de fritura*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Muñoz, M. (2014). Composición y aportes nutricionales de la papa. *Revista Agrícola*, 37.
- Nutricion y Alimentacion*, html. (s.f.). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de Nutricion y Alimentacion: <http://nutricion.nichese.com/girasol.html>
- Nutricion y Alimentacion*, html. (s.f.). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de Nutricion y Alimentacion: <http://nutricion.nichese.com/palma.html>
- Ñustez L, C. E. (Febrero de 2010). *Grupo de Investigacion en Papa*. Recuperado el 12 de 06 de 2014, de <http://www.papaunc.com/catalogo.shtml>
- Pantoja, M. (2013). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Ibarra, Imbabura, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2642/1/03%20AGP%20166%20TESIS.pdf>
- Parsons, D. (2010). *Papas, Manual para Educacion Agropecuaria*. Mexico.
- Pearson, D. (10 de 15 de 2008). *Laboratorio de analisis de alimentos*. Obtenido de Determinación de humedad : <http://equipo5labalimentos.blogspot.com/2008/10/humedad.html>
- Pedreschi, F., & Moyano, P. (2006). Kinetics of oil uptake during frying of potato slices. Effect of pre-treatments. *LWT*, 285-291. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en el Ecuador* (INIAP/CIP ed.). Quito, Pichincha, Ecuador.
- Quilca, N. E. (2007). *Caracterización de la Papa para usos Futuros*.
- Ramírez, E. (15 de 05 de 2018). *La guía de las vitaminas*. Obtenido de Papas: beneficios para tu salud y datos nutricionales: <https://laguiadelasvitaminas.com/papas/>
- Reyes Loor, A. A. (2003). *Manual de Laboratorio de Bromatología de Balrosario*. S.A. ESPOL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24936/1/Practicas%20prof.pdf>
- Rincon M, S. M., & Martinez C, D. M. (30 de Julio de 2009). *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria* (Vol. 30). Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://temporal-fedepalma-ojs.biteca.com/index.php/palmas/article/viewFile/1432/1432>

- Rioseco, V. (1999). *Transferencia de materia y parámetros de calidad durante la fritura de papas pretratadas con una solución de NaCl*. Chile. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., & Dalla, R. (2009). Influence of frying conditions on acrylamide content and other quality characteristics of French fries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 582, 588.
- Ruano, J. F. (2006). *Distribución alimentaria en el Ecuador*. Quito. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Salgado, R. (13 de 02 de 2017). *Rafael Salgado Since 1875*. Obtenido de <https://rafaelsalgado.com/noticia/tipos-de-aceite/>
- Sanchez, C. (2003). *Cultivo y comercialización de la Papa*. Lima, Peru. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Sandua Macaya, L. (2018). *Aceites Sandua*. Recuperado el 09 de 02 de 2019
- SCRIBD Inc. (2019). *Determinación de acrilamida y metacrilamida mediante cromatografía líquida de alto rendimiento en fase normal y detección UV*. San Francisco, CA. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/361220309/determinacion-de-acrilamida>
- Segura A., M., Santos C., M., E., C., & Núñez, L. (Julio-Diciembre de 2006). *DESARROLLO FENOLÓGICO DE CUATRO VARIEDADES DE PAPA (Solanum tuberosum L.) EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÀ (CUNDINAMARCA)* (Vol. 6). Bogota, D.C, Colombia. Recuperado el 03 de 11 de 2014, de http://www.papaunc.com/img_upload/951ebacca5a0f62db142d538917a4f68/Desarrollo_fenologico_de_4_variedades_1.PDF
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN*, online. (09 de 02 de 2019). Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/#>
- Sherwood, S., & Pumisacho, M. (2002). *INIAP* (Primera ed.). (M. Pumisacho, & S. Sherwood, Edits.) Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sk.o.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Sowokinos, J. (1990). Stress - induced alterations in carbohydrate metabolism. *Ciencia Agraria*.
- Stadler, R., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P., . . . Riediker, S. (2002). *Acrylamide from Maillard*

- reaction products*. Nature. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Suaterna Hurtado, A. C. (Mayo de 2009). *SciELO*. Obtenido de Scientific Electronic Library Online.
- Taeymans, D., Wood, J., Ashby, P., Blank, I., Studer, A., Stadler, R., . . . Whitmore, T. (2004). *A review of acrylamide: an industry perspective on research, analysis, formation, and control*. Food Science and Nutrition. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Terranova. (2001). *Produccion Agricola 2*. Bogota, Colombia: Terranova Editores LTDA. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Tirado, D., Acevedo, D., & Guzman, L. (2012). *Freido por inmerción de los alimentos*. Cartagena - Colombia : Universidad de Cartagena .
- Trincherro, J., Monti, M., & Ceroli, P. (2007). Características sensoriales de papas fritas en bastones. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 33-40. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- UNAM. (2007). *Fundamentos y Técnicas de análisis de alimentos*. México: UNAM.
- Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Grupo de Investigacion en Papa*. (Facultad de Agronomia) Recuperado el 03 de 11 de 2014, de <http://www.papaunc.com/catalogoExtendido.shtml?x=26>
- UPC. (13 de 07 de 2018). *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*. Obtenido de Aceite Vegetal: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.4.%20E1%20aceite%20vegetal.pdf;jsessionid=893FA2C7DAE6007A29F9E03350A3ED9B?sequence=6>
- Ureña, M., & D'Arrigo, M., Girón, O. (1999). *Evaluación Sensorial de los Alimentos, Aplicación Didáctica*. Lima Peru.
- Valdiviezo, N. (2014). *Analisis del Tipo de aceite y Tiempo de fritura en la Vida Útil del Snack de Malanga (Xanthosoma sagittifolium) procedente del Tena*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Valenzuela B, R., & Ronco M, A. (Marzo de 2007). *Revista Chilena de Nutricion*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Valenzuela B, R., & Ronco M, A. (Marzo de 2007). *SciElo*. Recuperado el 14 de 06 de 2014, de ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS. ACRYLAMIDE IN FOOD: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-

75182007000100001&lng=es&nrm
=iso&tlng=es

Wedzicha, B., Dodson, A., & Mottram, D.
(2002). *Acrylamide is formed in the
Maillard*. Nature. Recuperado el 22
de 11 de 2014

Zubeldia Lauzurica, L., & Gomar Fayos, J.
(Agosto de 2007). *SciELO*.
Recuperado el 05 de 06 de 2014, de
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?scri
pt=sci_arttext&pid=S0213-
91112007000600012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112007000600012)

Zyzak, D., Sanders, R., Stojanovic, M.,
Tallmadge, D., Ebehart, L., Ewald,
D., . . . Villagran, M. (2003).
Acrylamide formation. J. Agric.
Food Chemistry. Recuperado el 22
de 11 de 2014

