

## EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DURANTE LA FRITURA DE REBANADAS DE PAPA CRIOLLA

### Evaluation of quality parameters during frying of yellow potato slices

#### RESUMEN

La fritura es un método de deshidratación utilizado principalmente sobre productos amiláceos con el fin de cambiar sus características estructurales y organolépticas para hacerlos más atractivos al consumidor. En el presente trabajo se determinó las condiciones óptimas de fritura por inmersión a presión atmosférica en rebanadas de papa criolla (*solanum phureja*). La calidad de los chip fueron evaluados mediante determinaciones de humedad, textura, grasa y color. El contenido de grasa final es inversamente proporcional al promedio final de humedad. Los dos mejores resultados de contenido de grasa (170-2.5-2.5 y 170-2.0-1.5) fueron tratamientos con alto índice de humedad con 21.93 y 24.09% respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** fritura, grasa, papa criolla, textura, humedad.

#### ABSTRACT

Frying is a method of dehydration used mainly starch products in order to change their structural and organoleptic characteristics to make them more attractive to consumers. In the present paper determined the optimal conditions for frying by immersion at atmospheric pressure in potato slices criolla (*Solanum phureja*). The quality of the chip were evaluated through measurement of moisture, texture, fat and color. The final fat content is inversely proportional to the average final moisture. The two best results from fat (170-2.0-1.5 and 170-2.5-2.5) were treatments with high humidity with 21.93 and 24.09% respectively.

**KEYWORDS:** frying, fat, yellow potato, texture, moisture.

#### INTRODUCCION

La papa criolla (*Solanum phureja*), es un tubérculo que en Colombia se ha establecido en ciertos departamentos como Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia. Entre los años 2006 y 2009 la producción de papa criolla presentó un repunte importante al pasar de 64.600 a 80.665 toneladas [1], aunque la mayoría de estas áreas se cultivan al margen del cultivo de la papa común en surcos dentro del mismo o en huertas familiares.

El mercado de papa criolla se enfoca principalmente al consumo del tubérculo fresco, ya que el producto procesado industrialmente solo representa entre el 4% y el 8% de la producción anual y su consumo no es masificado [1].

Es así como una de las formas de consumo más típicas en la geografía nacional es frita, bien sea entera, en trozos y/o en rebanadas; por lo que esta investigación está encaminada a desarrollar, evaluar y determinar las condiciones óptimas de fritura tales como temperatura, tiempo y espesor en el proceso de fritura por inmersión a presión atmosférica en

#### JUAN CARLOS LUCAS A.

Ingeniero Agroindustrial, M. Sc.  
Aspirante a Ph.D en Ing. Alimentos  
Instructor  
Centro Agroindustrial-SENA  
Regional Quindío.  
jluucasaguirre@gmail.com

#### VICTOR DUMAR QUINTERO C.

Químico, M. Sc.  
Profesor Tiempo completo  
Universidad del Quindío  
victordumar@uniquindio.edu.co

#### JOSÉ FERNANDO VASCO LEAL

Ingeniero Agroindustrial  
Universidad la Gran Colombia  
vascoleal26@gmail.com

#### LICETH CUELLAR NUÑEZ

Estudiante Ingeniería de Alimentos  
Universidad del Quindío  
mlcuellarn@uqvirtual.edu.co

rebanadas de papa criolla, aprovechando de esta manera las condiciones fisicoquímicas del tubérculo y que se pueda generar un producto final con excelentes características organolépticas, el cual aporta un valor agregado para esta materia prima.

La fritura es un proceso de cocción y deshidratación a través del contacto de aceite caliente con una materia prima, el objetivo es sellar el alimento gracias a que el almidón se gelatiniza, a que los tejidos se ablandan (en el caso de las papas crudas) y que las enzimas son parcialmente inactivadas. De esta manera los sabores y jugos que componen el alimento se conservan en la parte interna de él, gracias a la formación de una capa que recubre el producto, ya que la humedad se pierde durante el proceso.

La fritura por inmersión es considerada una operación unitaria, mediante el cual la materia prima a transformar es sumergida en alto contenido de aceite. La velocidad y la eficiencia del proceso de fritura dependen de la calidad y la temperatura del aceite, esta suele estar entre 150 y 190°C,

favoreciendo un alto índice de deshidratación y un menor tiempo de proceso [2].

En un producto frito un importante indicador de calidad es el contenido de humedad, de este dependen otros factores como la textura, el color, entre otros; además, un bajo contenido de este proporciona la estabilidad a las alteraciones microbianas, ya que la pérdida de agua suspende o retarda las actividades metabólicas de los microorganismos causantes de la descomposición microbiana [3]. Según estudios en tajadas de papa, el contenido de humedad se encuentra alrededor del 1.8% [4] y en estudios realizados a papas fritas, este porcentaje se encuentra entre 1.5% y 3%. [5] [6].

En cuanto al contenido de aceite, varios estudios han mostrado que la mayor parte del aceite absorbido en los productos fritos se ubica en la región superficial del producto [4] [7], de igual forma existe evidencia también que el aceite es absorbido en mayor proporción luego de la fritura, durante el período de enfriamiento [8] [9] [10]. El contenido de aceite en los alimentos fritos se encuentra alrededor del 35% según estudios realizados en tajadas de papa [11]; siendo estos porcentajes ciertos solo para alimentos que no hayan sido sometido a algún tratamiento previo a la fritura, ya que los pre tratamientos tienen el propósito de disminuir los contenidos de humedad inicial haciendo que los porcentajes de aceite en alimentos fritos sea mucho menor.

La textura, es un conjunto de propiedades que depende de la estructura del alimento, sensorialmente se compone de propiedades mecánicas, geométricas y de la humedad, relacionándose con la deformación, desintegración y flujo del alimento sometido a una fuerza y son medidos en función de la masa, el tiempo y la distancia [12]. La fuerza requerida de penetración, compresión, deformación o extrucción de un alimento esta expresada en Newton, según algunos estudios realizados a los chips de papa común, plátano verde y maduro tipo comercial, estos poseen una textura promedio de 3.45 N, 5.72 N y 4.82 N, respectivamente.

El Color, es el principal factor de calidad que tiene el consumidor a la hora de aceptar o rechazar un producto. Este factor en los alimentos depende fundamentalmente de la reacción de Maillard entre los azúcares reductores y aminoácidos que juega un papel importante en el proceso de coloración oscura. La forma más usada para la determinación del color en los chips es la escala CIELAB, ya que está permite determinar los cambios de color en la misma forma que lo hace el ojo humano [11]. En esta escala de color se miden los valores  $L^*a^*b^*$  para expresar la diferencia de color entre muestras, siendo la dimensión  $L$  la claridad, la dimensión  $a$  las matices rojas – verdes y  $b$  las matices azul – amarillo [3]. El objetivo de este trabajo,

desarrollado en la Universidad La Gran Colombia seccional Armenia, fue determinar las condiciones óptimas de fritura por inmersión a presión atmosférica en rebanadas de papa criolla (*solanum phureja*) mediante variables como temperatura (170,180 y 190°C), espesor (1.5, 2.0 y 2.5 mm) y tiempo (1.5, 2.5 y 3.5 minutos).

## MATERIALES Y METODOS

### Condiciones de fritura

**Tipo de aceite:** Aceite de Palma

**Relación másica:** 1/60

**Presión de trabajo:** La presión atmosférica en la ciudad de Armenia Quindío Colombia es de 1022,4 hecto Pascales.

**Temperatura del aceite:** 170, 180 y 190°C

**Espesor de la materia prima:** 1.5, 2.0 y 2.5 mm.

**Tiempo de fritura:** 1.5, 2.5 y 3.5 minutos.

**Equipo de fritura:** Está conformado por una freidora con capacidad máxima de 2.5 litros de aceite marca (Trisa) modelo (XJ-3K043), con una potencia de 1600 watts y un datalogger thermometer marca (Omega) referencia (HH 309/309A) con cuatro termocuplas tipo k, conectadas a un sistema de adquisición de datos y este a su vez a un computador el cual posee un software (SE 309).

## METODOLOGÍA

### Caracterización físico química de chip de papa criolla.

**Determinación de humedad:** Se realizo por método gravimétrico, en una Estufa con circulación forzada marca (Mermmet) Modelo (UL 40) con una temperatura de 105°C durante 48 horas.

**Textura:** Se utilizó un texturómetro marca (TA.XT plus) con una carga de 500N, un soporte móvil con apoyo en dos puntos y un punzón cilíndrico con base plana con un diámetro de 3 mm (pinza de volodkevich).

**Determinación grasa:** El equipo utilizado fue un detector de grasa marca (P-Selecta) y como solvente Dietil éter.

**Color:** Se determinaron los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  con la ayuda de un colorímetro marca (Minolta).

**Diseño experimental:** El presente trabajo de investigación fue desarrollado bajo un diseño experimental en arreglo factorial  $3^3$  con tres repeticiones por tratamiento. Adicional al diseño se realizaron pruebas comparativas de tukey para determinar los mejores tratamientos experimentales. Es de resaltar que se realizaron previamente pruebas de potencia

del diseño con el fin de garantizar la confiabilidad de los ensayos experimentales bajo un nivel de potencia (α) del 80%.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

Como se observa en la tabla 1 el tratamiento (190-1.5-3.5) fue el tuvo un mejor comportamiento con una textura promedio de 1.89 (N). Mientras (180-2.0-3.5), (180-1.5-3.5), (190-1.5-3.5) presentaron contenido de humedad de 1.15, 1.21 y 1.22% respectivamente. El mejor promedio de grasa que se consiguió fue el (180-2.5-3.5) con un valor de 23.67% ya que (170-2.5-2.5) no presentó condiciones optimas de calidad y el último parámetro evaluado fue Color (ΔE) donde el tratamiento (180-1.5-2.5) arrojó un promedio igual a 11.27.

Según datos experimentales realizados a un producto reconocido de chips de papa común, se obtuvieron valores de textura de 3.54 (N), humedad de 1.78% y grasa de 28.25%.

En las tablas 1, 2, 3, 4 se ilustra los resultados las pruebas comparativas de Tukey para las variables de respuesta en función de los tratamientos en estudio. Los primeros tres dígitos (170, 180 y 190) corresponden a la temperatura del aceite utilizada en grados centígrados, los dos dígitos siguientes (1.5, 2.0 y 2.5) corresponden al espesor de la rebanada en milímetros y los últimos dos dígitos al tiempo de inmersión en minutos de las rebanadas en el proceso.

Tratamiento	Repetición	Fuerza (N)	Desviación E.
190-1.5-3.5	9	1,89	0,15
180-1.5-3.5	9	2,43	0,06
170-1.5-2.5	9	2,48	0,18
190-1.5-1.5	9	2,69	0,20
180-1.5-1.5	9	2,81	0,12
180-2.0-2.5	9	2,95	0,18
170-1.5-3.5	9	2,98	0,17
180-2.0-3.5	9	3,17	0,07
180-1.5-2.5	9	3,31	0,27
190-1.5-2.5	9	3,34	0,17
170-2.0-3.5	9	3,85	0,25
190-2.0-2.5	9	4,39	0,19
190-2.0-3.5	9	4,89	0,29
170-1.5-1.5	9	4,91	0,14
170-2.0-2.5	9	4,92	0,30
190-2.5-3.5	9	4,94	0,08
170-2.5-3.5	9	5,64	0,43
180-2.5-3.5	9	7,56	0,34

Tabla 1. Textura en función de los tratamientos en estudio

Para el caso de los tratamientos en función de la textura, se aprecia un efecto altamente significativo al obtener un (p-valor=0,0000), el mejor resultado que se presentó con respecto a esta variable fue a una temperatura de 190°C, espesor de 1.5 mm y tiempo de 3.5 minutos ya que arrojó el

valor promedio menor de dureza, con un valor promedio de 1.89 Newtons. Ver Tabla 1.

Según las condiciones anteriores y lo reportado en [13], quienes proponen que estos cambios pudieron ocurrir debido a la gelatinización y caramelización del almidón, ayudando en la formación de la corteza, provocando un producto finalmente duro. Sin embargo, se ha reportado que con tiempos de fritura cortos y temperaturas de freído elevadas, la dureza del producto final se puede dar por la rápida formación de la costra[14], lo cual evita el desplazamiento del agua desde interior del alimento hacia la superficie del mismo, quedando atrapada en las paredes del producto y ocasionando fragilidad.

Por otro lado, las diferencias de textura en los productos de papa se asocian con el proceso de gelatinización y retrogradación del almidón. [15] [16] [17] [18] [19].

Tratamiento	Repetición	Grasa (%)	Desviación E.
170-2.5-2.5	1	17,79	-
170-2.0-1.5	1	22,17	-
180-2.5-3.5	3	23,67	1,38
190-2.0-3.5	3	24,96	0,87
180-2.5-2.5	1	25,20	-
190-2.5-3.5	3	25,44	0,54
190-2.5-2.5	1	25,94	-
170-2.5-3.5	3	26,04	2,99
170-1.5-1.5	3	31,17	1,90
190-2.0-1.5	1	31,94	-
180-2.0-2.5	3	32,07	0,47
190-1.5-1.5	3	33,35	1,14
180-2.0-1.5	1	33,65	-
170-2.0-3.5	3	34,06	0,21
190-2.0-2.5	3	34,45	2,09
170-1.5-3.5	3	37,38	1,73
180-2.0-3.5	3	38,04	4,26
180-1.5-1.5	3	39,99	0,69
170-1.5-2.5	3	40,26	3,11
190-1.5-3.5	3	41,87	0,86
180-1.5-3.5	3	43,17	0,33
190-1.5-2.5	3	44,18	1,75
180-1.5-2.5	3	44,77	2,56
170-2.0-2.5	3	45,17	1,92

Tabla 2. Grasa en función de los tratamientos en estudio

El contenido de grasa final es inversamente proporcional al promedio final de humedad de un chip, debido al reemplazo del agua por aceite. Como se observa en la Tabla 2, el tratamiento (170-2.5-2.5) presentó en función del porcentaje un promedio de grasa del 17.79%, con un efecto altamente significativo (p-valor= 0.000), pero se requiere de mayor tiempo y de una temperatura más alta para que las variables textura y humedad estén dentro de los rangos más bajos, debido a que son las que definen la aceptación del chip. Esto se debe posiblemente a la deshidratación de las células internas y parte del agua evaporada, la cual es reemplazada parcialmente por el aceite de fritura [20]. Sin embargo se

tiene que durante la fritura, el vapor producido dentro del producto genera un gradiente de presión entre la estructura interna de este y la superficie externa, evitando que el aceite ingrese al interior y se adhiera a la superficie.

Varios estudios realizados y corroborados sobre absorción de aceite en fritura de alimentos, demostraron que la mayor parte del aceite no penetra en el producto durante la fritura, pero sí durante el período de enfriamiento cuando el producto se retira de la freidora [21] [22] [23].

A diferencia de otros reportes, durante los procesos de fritura, el almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales de la amilosa y de la amilopectina se reorganizan. Esta conformación promueve la formación de un gel que funciona como una barrera protectora contra la entrada del aceite a nivel de fritura, lo cual repercute en el cambio en la textura del alimento. [24].

Los tratamientos presentados en la anterior Tabla 2 (170-2.5-2.5, 170-2.0-1.5, 180-2.5-2.5, 190-2.5-2.5, 190-2.0-1.5 y 180-2.0-1.5), fueron muestras que presentaban exceso de humedad, lo cual es una característica poco apta para un alimento tipo chip, esto pudo obedecer posiblemente a que fueron tratamientos efectuados a temperaturas bajas, espesores gruesos y/o tiempos de fritura cortos.

Tratamiento	Repetición	Humedad(%)	Desviación E.
180-2.0-3.5	3	1,15	0,02
180-1.5-3.5	3	1,21	0,02
190-1.5-3.5	3	1,22	0,04
190-1.5-2.5	3	1,39	0,05
180-1.5-2.5	3	1,70	0,06
170-1.5-2.5	3	1,81	0,07
190-2.0-2.5	3	2,19	0,07
180-1.5-1.5	3	2,27	0,08
190-1.5-1.5	3	2,49	0,04
170-2.0-3.5	3	2,70	0,10
190-2.0-3.5	3	2,72	0,05
170-1.5-3.5	3	3,23	0,13
180-2.0-2.5	3	3,97	0,10
190-2.5-3.5	3	4,77	0,14
170-2.0-2.5	3	6,11	0,15
170-1.5-1.5	3	6,40	0,34
170-2.5-3.5	3	8,08	0,53
180-2.5-3.5	3	9,60	0,20
190-2.0-1.5	3	12,93	0,50
180-2.0-1.5	3	16,14	0,64
190-2.5-2.5	3	17,88	0,38
170-2.5-2.5	3	21,93	1,13
180-2.5-2.5	3	23,93	0,94
170-2.0-1.5	3	24,09	1,20
190-2.5-1.5	3	41,24	1,50
170-2.5-1.5	3	43,03	0,88
180-2.5-1.5	3	43,46	1,69

Tabla 3. Humedad en función de los tratamientos en estudio.

Al realizar las pruebas comparativas entre los tratamientos en función de la humedad, se aprecia un efecto altamente significativo ( $p$ -valor = 0,0000) en los tratamientos de 180-2.0-3.5, 180-1.5-3.5 y 190-1.5-3.5, con valores promedio de 1.19% de contenido de humedad, siendo estos tres los mejores resultados promedios para esta variable. Ver tabla 3

Esto se puede explicar que a mayor temperatura y tiempo la tasa de deshidratación aumenta y a menor espesor de la rebanada el contenido de humedad del chip frito será menor ya que en el proceso de fritura se evaporará más fácil y rápido el contenido de agua. Este comportamiento es similar a los resultados de textura. Con lo cual se puede afirmar la textura depende de la cantidad de agua, ya que al deshidratarse el almidón a altas temperaturas, este se retrograda y provoca un cambio en la estructura interna que se ve reflejado en una disminución de la fuerza de ruptura de las células.

De igual forma, este fenómeno también pudo ocurrir ya que el almidón requiere de la presencia de agua para su gelatinización por lo que a mayor contenido de humedad se esperaría un mayor grado de gelatinización del almidón superficial, limitando la absorción de grasa interna en el producto [25]. Lo anterior podría explicar el alto contenido de grasa en los productos de baja humedad.

Tratamiento	Repetición	$\Delta E$	Desviación E.
180-1.5-2.5	3	11,27	0,86
180-1.5-3.5	3	11,84	0,65
180-1.5-1.5	3	12,04	0,74
170-2.5-3.5	3	12,88	0,71
190-2.5-2.5	3	13,20	0,86
190-1.5-3.5	3	13,29	0,33
170-1.5-2.5	3	13,98	1,11
170-1.5-3.5	3	14,26	0,25
190-2.0-1.5	3	15,71	0,11
170-1.5-1.5	3	15,86	0,52
190-1.5-1.5	3	16,67	1,01
190-2.0-2.5	3	16,68	0,42
190-1.5-2.5	3	17,54	0,70
180-2.5-3.5	3	18,07	0,81
190-2.0-3.5	3	18,24	0,61
170-2.0-3.5	3	19,19	0,18
190-2.5-3.5	3	21,90	0,82
180-2.0-3.5	3	22,24	0,50
170-2.0-2.5	3	22,63	0,42
180-2.0-2.5	3	25,05	1,01

Tabla 4. Color ( $\Delta E$ ) en función de los tratamientos en estudio.

Los resultados de la Tabla 4 al ser evaluados registran un efecto altamente significativo ( $p$ -valor = 0,000) de los tratamientos en función del  $\Delta E$ . Al realizar las pruebas comparativas respectivas, se denota un mejor efecto promedio por parte de la temperatura de 180° C, espesor de 1.5 mm y el tiempo de 3.5 minutos, con un  $\Delta E$  de 11.27.

Según diversos autores, este cambio en el color de los productos se debe al contenido de azúcares reductores presente en las raíces y tubérculos [26] [27]. Si este contenido es bajo, se obtendrán chips dorados de buena calidad, sin embargo, un excesivo contenido de azúcares reductores en el producto provocará una coloración marrón oscura en los chips, que los hará inaceptables, tanto por su color como por su sabor.

El color de la costra se debe a diferentes reacciones químicas tales como caramelización, reacciones no enzimáticas (reacción de Maillard) y cambios estructurales acelerados por las altas temperaturas del aceite de fritura [28] [29] [30] [31], que influye en la coloración, sabor y textura de los diferentes alimentos.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos se presenta que independientemente de la temperatura utilizada (170, 180, 190°C) no afecta el color, la textura, el contenido de humedad y grasa del chip como lo confirma el análisis estadístico, mientras el espesor de la rebanada y el tiempo de fritura que mejor comportamiento presentó con respecto a las variables de respuesta fue el de 1.5 milímetros y 3.5 minutos respectivamente, ya que presentaron condiciones aptas para ser evaluadas durante la investigación

A mayor temperatura y tiempo y un menor espesor el contenido de humedad disminuye, lo anterior se puede evidenciar en el tratamiento con condiciones de temperatura de 190 °C, espesor de 1.5 mm y tiempo de 3.5 minutos, el cual obtuvo un contenido de humedad del 1.22%, a diferencia del tratamiento con condiciones de 180°C, 2.5 mm y 1.5 minutos respectivamente, el cual presentó un contenido de humedad del 43.46 %.

Independientemente de las temperaturas (170, 180, 190°C) evaluadas, el espesor de la rebanada y el tiempo de fritura que mejor comportamiento presentó con respecto a las variables de respuesta fue el de 1.5 milímetros y 3.5 minutos

## BIBLIOGRAFIA

[1] CORPOICA., MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL., UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Agenda Prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la papa en Colombia con énfasis en papa criolla. Santa Fe de Bogotá, D.C. Julio de (2009)

[2] MOREIRA Rosana G., CASTELL-PEREZ M. Elena., BARRUFET Maria A., Deep—fat frying Fundamentals and Applications. An aspen publishers, inc. Gaithersburg, Maryland. (1999).

[3] MOTTUR, G. P.; A Scientific Look at Potato Chips. The Original Savory Snack. The American Association of Cereal Chemistry. Cereal Food World. 34(8), 620p. (1989)

[4] PEDRESCHI Franco., MOYANO Pedro., TRONCOSO Elizabeth; DURAN Marisol. Oil Partition in Pre-treated Potato Slices during Frying and Cooling. (2005)

[5] MAI TRAN T.T., DONG CHEN Xiao, SOUTHERN Christopher; Reducing oil content of fried potato crisps considerably using a sweet pre-treatment technique. Elsevier. (2006).

[6] PEDRESCHI, F., AGUILERA, J. M., & ARBILDUA, J. J. CLSM study of oil location in fried potato slices. Microscopy and Analysis, 37, 21–22. (1999).

[7] PEARSON, M., BOUCHON, P., HOLLINS, P., PYLE, D. L., & TOBIN, M. J. Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy. Journal of Food Science, 66, 918–923. (2001).

[8] UFHEIL, G., y ESCHER, F. Dynamics of oil uptake during deep fat frying of potato slices. Lebensmit.-Wiss.u.-Technol., 29, 640±644. (1996).

[9] AGUILERA, J. M., & GLORIA-HERNÁNDEZ, H. Oil absorption during frying of frozen par-fried potatoes. Journal of Food Science, 65,476–479 (2000).

[10] DURAN Marisol, PEDRESCHI Franco, MOYANO Pedro., TRONCOSO Elizabeth; Oil Partition in Pre-treated Potato Slices during Frying and Cooling. (2005)

[11] PEDRESCHI, F., MOYANO, P., SANTIS, N., PEDRESCHI, R., Physical properties of pre-trated potato chips; Journal of food engineering, 79:1474-1482. (2007)

[12] BOURNE, M.C. Food Texture and viscosity: Concepts and Measurements. London: Academic Press. (2002)

[13] PACHECO Emperatriz -Delahaye. Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (*Musa spp.*). Rev. Fac. Agron. (Maracay): 28 (2), 175-183 (2002).

[14] BERTRAND, Matthaus.; Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils, Eur. J. Lipid Sci. Technol.: 108 (3), 200 – 211 (2006).

[15] KIM Y. S. Wiesenborn D.P., GRANT L.A. Pasting properties and thermal properties of potato and bean starches. Starch 49:97-102(1997).

[16] JANE J., CHEN Y.Y. LEE L. F., Mcpherson A.E., Wong K.S., Radosavi-Jevic M., Kasemsuwan T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the

gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry* 78:629-637 (1999).

[17] MARTENS H.J., THYBO A.K., An integrated microstructural, sensory and instrumental approach to describe potato texture. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 33:471-482 (2000).

[18] KAUR L., SINGH Singh-Sodhi N., SINGH-Gujural H. Some properties of potatoes and their starches. I. Cooking, textural and rheological properties of potatoe. *Food chemistry* 79:177-181 (2002).

[19] LAMBERTI M., GEISELMANN A., CONDE Petit B., ESCHER F. Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 37:417-427(2004).

[20] DE MARCO, E. y otros cinco autores; Frying performance of a sunflower/palm oil blend in comparison with pure palm oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109 (3),237 - 246 (2007).

[21] UFHEIL, G., y ESCHER, F. Dynamics of oil uptake during deep fat frying of potato slices. *Lebensmit.-Wiss.u.-Technol.*, 29, 640±644 (1996).

[22] MOREIRA, R. G., SUN, X., y CHEN, Y. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 31, 485 – 498 (1997).

[23] MOREIRA, R. G., y BARRUFET, M. A. A new approach to describe oil absorption in fried foods: a simulation study. *Journal of Food Engineering*, 35, 1-22 (1998).

[24] SEVERINI, C., BAIANO, A., PILLI, T., CARBONE B., DEROSI A. Combined treatments of blanching and deshydration: study on potato cubes. *Journal Of Food Engineering* 68:289-296 (2005).

[25] ANDERSSON A., GEKAS V., LIND I., OLIVEIRA F., ÖSTE R. Effect of preheating on potato texture. *Critical reviews in food science and nutrition* 34:229-251 (1994).

[26] PRITCHARD, M.K., SCANLON, M.G. ROLLER. R. Computerized video image analysis to quantify colour of potato chips. *American Potato Journal* 71, 717-733. (1994)

[27] ALTUNAKAR, B., S. Sahin. y G. Sumnu; Functionality of Batters Containing Different Starch Types for Deep-fat Frying of Chicken Nuggets. *Eur. Food Resear. Technol.*: 218 (2), 318-322 (2004).

[28] FELLOWS, P.; Frying technology, In: *Food processing technology: principles and practice*, by Cambridge, p. 355-360. Woodhead, England (2000).

[29] ROSS, K.A. y M.G. Scanlon.; A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust, *J. Food Engine.*: 62 (4), 417–423 (2004).

[30] RAMADAN, R.M; M.A.A. Mostafa. y A.E.R.S. Mohamed; Correlation between physicochemical analysis and radical-scavenging activity of vegetable oil blends as affected by frying of French fries, *Eur. J.Lipid Sci. Technol.*: 108 (8), 670 – 678 (2006).

[31] GÖKMEN, V. y H.Z. Şenyuva; Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction, *Food Chemistry*: 103 (1), 196–203 (2007).