



Efecto de la deshidratación osmótica y cobertura con hidrocoloides en la disminución de absorción de grasa en trozos de papa (*Solanum tuberosum*) frita

Effect of osmotic dehydration and hydrocolloids coating oil uptake in potato slices (*Solanum tuberosum*) chip

Elias Silva Gil ^{a,*}, Laura Amaya Quiroz ^a, James Quispe Correa ^a, Irvin Narro Lucano ^a, Alexis Zavaleta Castillo ^a, Anghela Gutiérrez Figueroa ^a

a. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú

(* elias_8_93@hotmail.com)

Recibido 13 Noviembre 2014; Aceptado 15 Diciembre 2014

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de los pretratamientos aplicados a trozos de papa en forma paralelepípedo de 1x1x5.5 cm en absorción de grasa, difusividad efectiva, constante de transferencia de masa y variación del color después del proceso de fritura, utilizando aceite de soya a 180°C durante 3 minutos. La variable independiente en este proceso fue el tipo de tratamiento tomando como niveles: T₁ papa sin tratamiento, T₂ deshidratación osmótica, T₃ cobertura de hidrocoloides y T₄ deshidratación osmótica más cobertura de hidrocoloides. Los resultados se procesaron en un diseño de bloques completos al azar, evidenciando que si existen diferencias significativas entre los tratamientos para cada variable dependiente obtenida. El menor porcentaje de absorción de grasa total se obtuvo aplicando el T₃, el cual no tuvo diferencia significativa con el T₂.

Palabras Claves: Papa frita, absorción de grasa, deshidratación osmótica, cobertura de hidrocoloides, difusividad efectiva.

ABSTRACT

In this paper the effect of pretreatment applied to potato slices parallelepiped shape 1x1x5.5 cm in fat absorption, effective diffusivity, constant mass transfer and change of color after frying process was evaluated using soybean oil 180 ° C for 3 minutes. The independent variable in this process was the type of treatment taking as levels: T₁ pure potato, osmotic dehydration T₂, hydrocolloids coverage T₃ and T₄ osmotic dehydration more hydrocolloids coverage. The results were processed in a design of randomized complete block, showing that if there are significant differences between treatments obtained for each dependent variable. The smallest percentage of total fat absorption was obtained using the T₃, which had no significant difference in T₂.

Keywords: French fries, fat absorption, oil uptake, osmotic dehydration, hydrocolloids coverage, effective diffusivity.

1. Introducción

La cosecha mundial de papa, a diferencia de otras raíces y tubérculos, ha crecido en mayor cantidad (FAO, 1999). La fritura es uno de los métodos de cocción más antiguos utilizados para

preparar alimentos sabrosos y crujientes; las papas fritas es una de sus aplicaciones más importantes. Freír se puede definir como el proceso de secado y cocción a través del contacto con aceite caliente (Sahin, 1999)

(Lesinska, 1989). Los productos fritos, tanto para la salud y los aspectos sensoriales deben dirigirse a satisfacer la demanda del consumidor. Las tasas de transferencia de calor son en gran parte responsables del desarrollo de las propiedades sensoriales deseadas en los productos fritos (Hubbard, 1999). La deshidratación en aceite caliente a temperaturas entre 160 y 180°C se caracteriza por una alta velocidad de secado que es fundamental para garantizar las propiedades estructurales y texturales favorables del producto final (Baumann, 1995).

Una constante de la mayoría de estos productos son las grasas y aceites que contienen en cantidades poco beneficiosas para el organismo humano. Las papas fritas ya sea en hojuelas o a la francesa son uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial, tanto que en Estados Unidos de América se consume en forma de papa frita cerca de once millones de toneladas. Se ha probado de manera científica que la papa frita es uno de los principales factores en la obesidad de las personas y ayudan a desarrollar males como colesterol, hipertensión, arterioesclerosis y hasta que causan depresión.

En los últimos años, la preferencia de los consumidores por los productos bajos en grasa y sin grasa ha sido el motor de esta industria de la alimentación para producir un menor contenido de aceite de las papas fritas que siguen manteniendo la textura y sabor deseables. Pinthus, (1993) introdujeron el criterio UR, que expresa la relación entre la cantidad de absorción de aceite y agua eliminado. Se han reportado diferentes medios para reducir la absorción de aceite en las papas fritas. Por ejemplo, la fritura al vacío puede ser una opción para las papas fritas con bajo contenido de aceite y la textura deseada y características de sabor (Garayo, 2002). Rubnov, (1997) añadió fructosa para un producto de

papa reestructurada que resultó en un cambio de las propiedades de la superficie, con una reducción de aceite absorbido después del freído. El escaldado como paso previo a la fritura en el procesamiento de la papa frita mejora el color y la textura y podría reducir en algunos casos, la absorción de aceite por gelatinización del almidón superficie (Califano, 1987). Así mismo tenemos otros métodos tales como: disminución del contenido de humedad de los alimentos antes de freír con aire caliente y microondas (Moreno y Bouchon, 2008), aplicación de pulsos eléctricos (Janositz A, 2011); deshidratación osmótica (Sahin S, 2007) (Moreno y Bouchon, 2008), aplicación de recubrimientos comestibles usando hidrocoloides como metilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa y zeína de maíz, derivados de celulosa (por ejemplo metilcelulosa e hidroxilo propil metil celulosa), pectina, alginato de sodio, etc. (García, 2002) (Khalil, 1999) (Rimac-Brncic, 2004) (Williams, 1999) (Altunakar, 2003). El gran potencial de reducción en la absorción de aceite de estos tratamientos previos no se debe a una reducción del contenido de humedad por sí mismo, como generalmente se cree, pero se debe a cambios estructurales que ocurren en la superficie de la pieza, lo que reduce la permeabilidad de la superficie (Moreno y Bouchon, 2008). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los pretratamientos aplicados a trozos de papa (variedad canchan) frita en su absorción de grasa.

2. Materiales y métodos

Se utilizó papa variedad Canchan adquirida en el mercado la Hermelinda de la ciudad de Trujillo, teniendo en cuenta la homogeneidad de sus características sensoriales y fisicoquímicas a fin de garantizar la representatividad de la muestra; la cual se procedió a su respectivo lavado y pelado, y posterior trozado en paralelepípedos de 5.5 x 1 x 1cm.

Preparación de cobertura

CMC, pectina, y xantana fueron obtenidas en el comercial Suman en Trujillo. Las concentraciones que se usaran para obtener la mezcla de hidrocoloides que formaran la cobertura fue de 1% de CMC, 1% de pectina, y 1.5% de goma xantana (p/v).

Deshidratación osmótica

La solución osmodeshidratante se preparó mezclando sal y agua destilada al 4% p/v. Las muestras de trozos de papas se sumergieron en soluciones osmóticas manteniendo la relación 1:4 (producto/solución), a temperatura ambiente y con agitación manual por 120 min. Se secó con toallas de papel absorbente.

Procesos de fritura

Luego de dejar reposar las papas tratadas para eliminar el exceso de solución se procedió a freír cada muestra. Las condiciones de proceso fueron: Temperatura de fritura de 180°C y tiempos de freído de 10, 20, 30, 60, 100, 140 y 180 segundos. Para freír se utilizó aceite marca "cil", con una olla de aluminio y una cocina eléctrica.

Análisis de humedad

El contenido se realizó mediante pérdida de peso del producto frito, a una temperatura de 105°C por 4 horas en estufa, de determino la humedad en base seca mediante la siguiente ecuación.

$$X_{bs} = \frac{\text{Peso de agua en la muestra}}{\text{peso de muestra seca}} \times 100$$

Análisis de grasa

La extracción de grasa de las papas ya fritas, se realizó empleando el método de extracción continua (Equipo Soxhlet), empleando la metodología de la Norma COVENIN (1340:1995).

Determinación de color

Los parámetros de color fueron medidos con el colorímetro. Las medidas fueron tomadas antes y después del proceso de

fritura. Los rangos de las coordenadas de color están entre L=0 (negro) a L=100 (blanco), -a (verde) a +a (rojo), y -b (azul) a +b (amarillo).

$$\Delta E_{Lab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$$\text{Donde: } \Delta L^* = \Delta L^*_1 - \Delta L^*_2$$

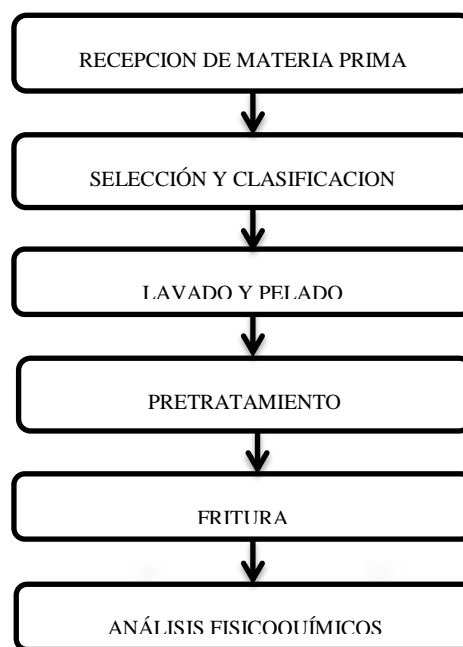


Figura 1. Diagrama de flujo para la disminución de grasa en la papa frita.

Determinación de difusividad (D_a) y coeficiente de transferencia de masa (K_c)

Para determinar la difusividad, partimos de la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{C_{(x,t)} - C_{\infty}}{C_i - C_{\infty}} \right) \left(\frac{C_{(y,t)} - C_{\infty}}{C_i - C_{\infty}} \right) = E e^{-\delta_n^2 \frac{at}{L^2}}$$

Donde:

$$E = \frac{2 \text{sen}^2 \delta_n}{\delta_n (\delta_n + \text{sen} \delta_n \cos \delta_n)}$$

Linealizando la ecuación anterior

$$\ln \left(\frac{C_{(x,y,t)} - C_{\infty}}{C_i - C_{\infty}} \right) = \ln E - 2 \delta_n^2 \frac{D_a t}{L^2}$$

Graficando $\ln \left(\frac{C_{(x,y,t)} - C_{\infty}}{C_i - C_{\infty}} \right)$ vs t.; desde el intercepto de la gráfica fue calculada la primera de la ecuación característica (δ_n). Después se determinó el coeficiente de Difusión, D_a , (m^2/s) desde la pendiente de la sección lineal

de esta gráfica que se iguala a $-2\delta_n^2 \frac{D_a t}{L^2}$.

Una vez hallado δ_n , se determina el Bi_m y posteriormente K_c . (Alvis *et al.*, 2009).

$$Bi_m = \delta_n \tan \delta_n$$

$$Bi_m = \frac{K_c L}{D_a}$$

Análisis estadístico

Se realizó el diseño aleatorio con bloques completos con 3 repeticiones por tratamiento (T1, T2, T3, T4) (Montgomery, 2004)

T1= Papa sin tratamiento, T2=Papa más Deshidratación osmótica, T3=Papa más cobertura, T4=Papa más D.O y cobertura.

Se realizó un ANVA para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos, estableciendo como variable independiente a los tratamientos así como las variables dependientes la absorción de grasa, difusividad efectiva y diferencia de color. Para el desarrollo de los análisis estadísticos se usó el programa Statistica.

Tabla 1. Valores del porcentaje de grasa.

Tratamiento	Repeticiones		
	1	2	3
T1	17.81%	15.91%	15.41%
T2	8.30%	6.75%	5.60%
T3	6.74%	6.48%	5.92%
T4	10.19%	8.12%	11.40%

3. Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados de las variables dependientes evaluadas para cada tratamiento aplicado a la materia prima. Después de realizar un ANVA para cada respuesta se comprobó que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Guzman *et al.*, (2012), obtuvo un 15% de grasa total para papa frita sin

ninguntratamiento previo, para papa osmodeshidratada obtuvo 14,6% de grasa y 13.03 % para papa con cobertura de pectina al 1.2%. Papas con una cobertura de pectina 1% y CMC 1% obtuvieron un contenido de grasa de 3.4 % (Darei, 2011). Se obtuvieron valores similares para la papa sin tratamiento sin embargo en los tratamientos de O.D y cobertura los resultados fueron menores, esto se debe al tipo de papa y diferencia en las condiciones del proceso de pretratamiento.

Se observa que el tratamiento 3 presenta menor porcentaje de grasa total y el tratamiento 2 posee el menor valor de grasa en base seca. Según Garmakhany, (2011) el contenido de grasa total más bajo observado fue en paralelepípedos recubiertos con una mezcla de pectina y CMC 1% y goma de xantana 1,5%. Garmakhany *et al.* (2008), concluyó que CMC tenía las mejores cualidades de barrera de grasa. En la misma línea, la comparación de la pectina, alginato y CMC como recubrimientos para bananas chips, en combinación con un pre-tratamiento con calcio, la conclusión fue de que el CMC era la mejor barrera de aceite de los tres, sin embargo, la pectina tuvo un muy buen desempeño, no hubo diferencias significativas con el CMC para la reducción de grasas (Singthong *et al.*, 2009)

Sin embargo haciendo un Test de Duncan, ya que existía igualdad de varianzas, se observó que el tratamiento 2 y 3 no tienen diferencias significativas ya que el p fue mayor de 0.05. Entonces estadísticamente podemos decir que aplicando un tratamiento de deshidratación osmótica y otro con solo cobertura, obtenemos menor adsorción de grasa que aplicando otro tratamiento y que obtendremos valores similares con ambas condiciones.

El contenido de grasa en base seca de papa sin ningún tratamiento es 0.66 (Troncoso, 2009) y según Pedreschi *et*

al. (2005), obtiene 0.36 g de grasa en 100 g de base seca. Estos valores son

cercanos al valor del T1 mostrado en la tabla 1.

Tabla 2. Resultados de las variables dependientes después de cada tratamiento.

	Grasa total (%)	Grasa en base seca	Difusividad $D_a \times 10^{-8} (m^2/s)$	Coefficiente de transferencia de masa $K_c \times 10^{-5} (k)$
T1	16.38 ± 0.013	0.47 ± 0.086	15.81 ± 3.772 ^a	3.2 ± 0.8
T2	6.89 ± 0.014 ^a	0.12 ± 0.014 ^a	5.74 ± 1.107 ^b	-5.7 ± 2.2
T3	6.38 ± 0.004 ^a	0.15 ± 0.002 ^{ab}	19.13 ± 4.146 ^a	-50.6 ± 5.2
T4	9.90 ± 0.017	0.21 ± 0.058 ^{ab}	7.30 ± 1.277 ^b	-12.9 ± 1.9

*Promedios con la misma letra en una columna no tienen diferencia significativa al 95%

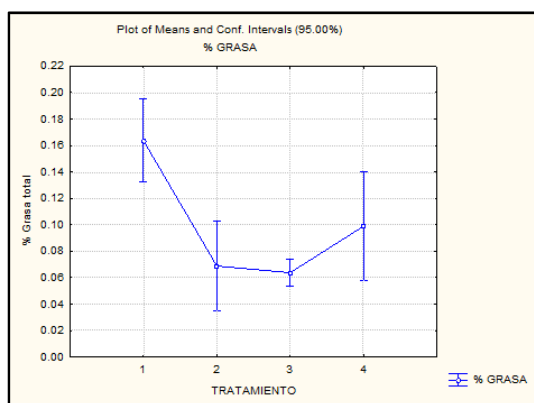


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de grasa total.

En la figura 1, se muestra el porcentaje de grasa de cada tratamiento, observándose una gran diferencia entre el tratamiento 1 y los demás tratamientos. Esto demuestra que al aplicar un tratamiento disminuye el porcentaje de grasa en la papa frita. El tratamiento 3 presenta una desviación estándar menor a la de los otros tratamientos.

En la figura 2 se observa que la absorción de grasa en base seca mantiene las mismas diferencias significativas entre el tratamiento 1 respecto a los demás tratamientos, pero a diferencia de la figura 1, el tratamiento que obtiene menor absorción de grasa es el tratamiento 2, asimismo los tratamientos 2 y 3 presentan una desviación estándar mínima. Haciendo un test de Duncan se

comprobó que entre el tratamiento 2,3 y 4 no tiene diferencias significativas entre sí.

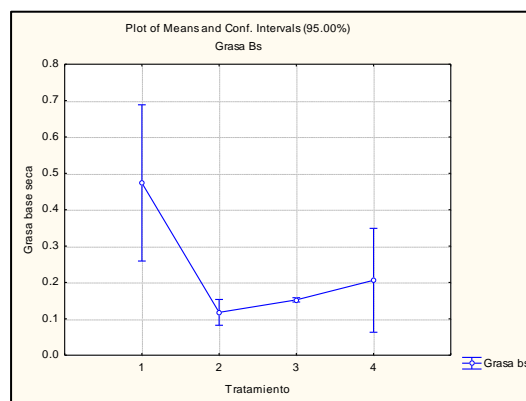


Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre el de grasa en base seca.

Según Troncoso (2009), la difusividad efectiva para papa sin pretratamiento es $1.7 \times 10^{-8} m^2/s$. La difusión del agua en papa debe estar entre 1.25×10^{-8} y $8 \times 10^{-12} m^2/s$ en un rango de temperatura entre $65^\circ C$ y $185^\circ C$ (Saravacos, 2001) y para las papas pretratadas la difusividad esta entre 1.3×10^{-8} y $9.8 \times 10^{-9} m^2/s$ (Pedreschi et al., 2005). La difusividad efectiva a $180^\circ C$ es de $18.2 \times 10^{-9} m^2/s$ y el coeficiente de transferencia de masa $2.07 m/s$ (Yildiz et al., 2007). Podemos ver que los datos son muy diferentes a los mostrados en la tabla 1, esto se debe a que no se pudo mantener la temperatura constante durante el freido.

En el proceso de freído el agua se evapora en la corteza y algunas migran desde el núcleo hasta la corteza. Dado que esta agua sale de los huecos permitiendo así entrar a la grasa, la pérdida de humedad y la absorción de grasa están estrechamente relacionadas. (Mellema, 2003; Singthong y Thongkaew, 2009). Se observa en la tabla 1 que a mayor difusividad efectiva existe mayor absorción de grasa, excepto en el tratamiento 3 debido a que el recubrimiento aplicado puede actuar como una barrera de difusión que limita la transferencia de masa, pero la humedad interior al convertirse en vapor puede encontrar canales selectivos en la estructura y escapar a través de los capilares abiertos, poros, y grietas, y el aceite puede entrar en los huecos dejados por el agua (Pinthus et al., 1993).

Tabla 3. Diferencia de color para los diferentes tratamientos

	ΔE
T1	5.64 ± 0.975
T2	19.39 ± 3.951
T3	6.77 ± 0.283
T4	13.78 ± 2.203

En la tabla 2 se observa una mayor variación de color en el tratamiento 2, y una menor variación en el tratamiento 1. Los tratamientos presentaron diferencia significativa respecto a ΔE . Daraei et al. (2011), Determinaron que la mayor cantidad de ΔE se observó en las muestras recubiertas con CMC 0,5 % , 0,5 % de guar y goma de mezcla de 0,5 % y el ΔE más baja se relaciona con muestras fueron recubiertas con diferente concentración de goma de xantano y pectina de 1,5 %. Una consideración general del efecto de las soluciones osmóticas en los parámetros de color muestra que la deshidratación en sal resulta más aceptable, obteniendo productos luminosos y amarillos (Krokida, 2000).

4. Conclusiones

Existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados a la papa antes del proceso de fritura.

Se obtuvo una menor absorción de grasa total con el tratamiento 3 (cobertura) igual a $6.38\% \pm 0.004$, el cual no presenta diferencia significativa con el tratamiento 2 (D.O) con un valor de $6.89\% \pm 0.014$. Asimismo el T3 presenta menor variación.

Se encontró un mayor valor de difusividad efectiva para papa frita sin ningún tratamiento (T1) el cual contiene el mayor valor de absorción de grasa.

5. Referencias

- Altunakar, B. (2003). *Functionality of different batters in deep-fat fried chicken nuggets*. The department of Food Engineering.
- Alvis, A., Cortés, L. E., Páez, M. (2009). Transferencia de calor y materia durante la fritura de trozos de Ñame. *Información Tecnológica*, 99-109.
- Balasubramaniam, V., Chinnan, M., Mallikarjunan, P., & Phillips, R. D. (1997). The effect of edible film on oil uptake and moisture retention of a deep-fat fried poultry product. *Journal of Food Process Engineering*, 17-29.
- Baumann, B. A. (1995). Mass and heat transfer during deep fat frying of potato slices. Rate of drying and oil uptake. *J. LWT*, 28,395-403.
- Califano, A. A. (1987). Adjustment of surface concentration of reducing sugars before frying of potato strips. *J. Food Proc and Preser*, 12,1-9.
- Darei, A., Aghajani, N., Kashiri, M. (2011). Use of hidrocolloids as edible covers to produce low fat french fries. *Latin American Applied Research*, 211-216.
- FAO. (1999). *Production year book*. Rome.
- Garayo, J. A. (2002). Vacuum frying of potato chips. *J. Food Eng*, 55,181-191.
- García, M. C. (2002). Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innovative Food Sci and Emer Tech*, 3, 391-397.
- Guzman, L., Acevedo, D., Granados, C. (2012). Disminución de la absorción de aceite en papas criollas fritas. *Vitae*, 312-313.

- Hubbard, L. A. (1999). A method for determining the convective heat transfer coefficient during immersion frying. *J. Food Process Eng*, 22,201-214.
- Janositz A, N. A.-K. (2011). Pulsed electric fields and their impact on the diffusion characteristics of potato slices. *Food science and technology*, 44,1939-1945.
- Khalil, A. (1999). Quality of French fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids. *Food Chem*, 66,201-214.
- Krokida, M. V.-K. (2001). Deep fat frying of potato strips quality issues. *J. drying Tech*, 19,879-935.
- Lesinska, G. A. (1989). Potato science and technology. *Elsevier Science*.
- M. K. Krokida, V. O.-K. (2000). Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of frenchh fries . *Journal of food engineering*, 339-345.
- Moreno, M. B. (2008). A different perspective to study the effect of freeze, air, and osmotic drying on oil absorption during potato frying. *Journal of food science*.
- Pedreschi, F., Hernández, P., Figueroa, C., y Moyano, P. A. (2005). Modeling water loss during frying of potatoes slices. *International journal of food properties*, 289-299.
- Pinthus, E. P. (1993). Criterion for oil uptake during deep-fat frying. *J. Food Sci*, 58,204-205.
- Pinthus, E., Winberg, P., Saguy, I. (1993). Criterión for oil uptake during deepfat frying of Food Science. *Journal of Food Science*, 204-205, 222.
- Rimac-Brncic, S. V. (2004). Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *J. Food Eng*, 64,237-241.
- Rubnov, M. A. (1997). Fractal analysis and crust water diffusivity of a restructured potato product during deep-fat frying. *J. Food Sci*, 62, 135-137.
- Sahin S, S. G. (2007). Effect of osmotic pretreatment and microwave frying on acrylamide formation in potato strips. *Journal of th Science of Food and Agriculture*, 87, 2830-2836.
- Sahin, S. S. (1999). Heat transfer during frying of potato slice. *J. LWT*, 19-24.
- Saravacos, G. D., Maroulis, Z. B. (2001). *Trasport properties of foods*. New York: Marce Dekker, Inc.
- Singthong , J., y Thongkaew, C. (2009). Using hydrocolloids to decrease absorption in banana chips. *LWT e Food Science Technology* , 1199-1203.
- Troncoso, E., Pedreschi, F. (2009). Modeling water lose and oil uptake during vaccum frying of pre-treated potato slices. *Fodd science and tecnology*, 1164-1173.
- Williams, R. A. (1999). Low-fat fried foods with edible coatings: modeling and simulation. *J. Food Sci.* , 64, 317-322.
- Yildiz, A., Palazoglu, T. K., Erdogdu, F. (2007). Determination of heat and mass transfer parameters during frying of potato slices. *Journal of food engineering*, 11-17.

