



DOI: <https://doi.org/10.46296/yc.v7i13.0352>

REMOCIÓN DE JABONES EN ACEITES NEUTRALIZADOS CON APLICACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ

REMOVAL OF SOAPS IN NEUTRALIZED OILS WITH THE APPLICATION OF RICE HUSK ASHES

Díaz-Camposano Edison Geovanny ^{1*}; Palacios-Zambrano Jandry Javier ²; Proaño-Molina Irma Enith ³; Vera-Vera Ángel Ricardo ²; Bosquez-Mestanza Angelita Leonor ¹; Mendoza-Pico Vicky Alejandra ⁴

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador.

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.

³ Unidad Educativa Primero de Abril. Latacunga, Ecuador.

⁴ Universidad de Jaén. Jaén, España.

*Correo: ediazc2@uteq.edu.ec.

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el porcentaje de remoción de jabones mediante la aplicación de cenizas de cascarilla de arroz en aceites de neutralización del proceso de refinación caustica de aceite de soya. Se aplicó un diseño experimental en DCA con arreglo factorial de 23, los factores estudiados fueron: concentración del adsorbente, tiempo y temperatura, mientras que la variable respuesta fue el porcentaje de remoción de jabón expresado como oleato de sodio, los experimentos se realizaron por duplicado. La unidad experimental fue 100 g de aceite por tratamiento. Se empleó un análisis de varianza al 5% de significación. Los resultados demostraron que el tratamiento 1 (concentración de ceniza 0.4 %, tiempo 20 min y temperatura 90 °C) con una remoción de 80.57 % obtuvo la mejor respuesta. Para el factor tiempo $p > 0.05$ no tiene mayor influencia sobre la variable de salida, mientras que los factores concentración del adsorbente, temperatura y su interacción demostró un $p < 0.05$ en la remoción de jabones.

Palabras claves: adsorbente, sílice, aceite neutralizado, cascarilla de arroz.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the percentage of soap removal through the application of rice husk ashes in neutralization oils from the caustic refining process of soybean oil. An experimental design was applied in DCA with a factorial arrangement of 23, the factors studied were: adsorbent concentration, time and temperature, while the response variable was the percentage of soap removal expressed as sodium oleate, the experiments were conducted in duplicate. The experimental unit was 100 g of oil per treatment. An analysis of variance at 5% significance was used. The results showed that treatment 1 (ash concentration 0.4 %, time 20 min and temperature 90 °C) with a removal of 80.57 % obtained the best response. For the time factor $p > 0.05$ has no major influence on the output variable, while the factors adsorbent concentration, temperature and their interaction showed a $p < 0.05$ in the removal of soaps.

Keywords: adsorbent, silica, neutralized oil, rice husk.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 25 de enero de 2023.

Fecha de aceptación: 02 de marzo de 2023.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2023.



1. Introducción

En los últimos años, se han presentado novedades en la forma en que los aceites vegetales se refinan (Salazar, 2019), en el aceite de soya, por ejemplo, se ha implementado el refinamiento cáustico modificado o refinado de sílice (eliminación del lavado con agua), donde se elimina el lavado convencional con agua por la adición de arcillas naturales ricas en sílice para eliminar el jabón y otras trazas de metales del aceite refinado (Callagua, 2019; Farr & Proctor, 2014).

En el Ecuador según datos del INEC (2018) se alcanzó una superficie labor agropecuaria de 5.3 millones de hectáreas con una producción de caña de azúcar, banano, palma africana, arroz, papa y maíz duro seco. Se produjeron 1.1350.093 toneladas métricas de arroz, la mayor superficie sembrada en todo el país fue de 300.853 ha, concentrándose el 72,7% de esa producción en la provincia del Guayas.

La cascarilla de arroz (CA) es uno de los residuos más importantes de la producción de arroz (Naveda et al.,

2019), la cantidad de cascarilla que se genera, año tras año, puede superar las 100.000 ton/año, con el agravante, que, por su baja degradabilidad natural, se acumula en el ambiente, llevando a condiciones extremas (Prada & Cortés, 2010).

Por lo tanto, se han propuesto distintas alternativas para su uso como biocombustible (Altamirano, 2021; Bastidas & Vera, 2020), por su poder calorífico de aproximadamente 600 BTU/lb, inferior al del fuel oil, pero por su composición, la cual contiene alrededor del 20% de cenizas, se dificulta su combustión (Arteaga, 2020; Cemargo, 2005; Ramón et al., 2018).

La CA está constituida por celulosa y sílice (Zambrano et al., 2021), además, se trata de una fuente biológica de silicato en forma de tridimita y cristobalita, elementos que una vez incinerada la CA resultan en una matriz amorfa rica en silicatos (Yoon et al., 2011).

La presencia de sílice dentro de la estructura de la CA se conoce desde 1938, este contenido de sílice presente en diferentes partes de la



planta (raíz, tallo, hojas, cáscara o vaina) varía entre 2.63 y 13.3%, presentándose en mayor cantidad con respecto a la parte orgánica en la cáscara del grano de arroz, la CA al ser sometida a calcinación produce una alta cantidad de ceniza (Zambrano et al., 2021), entre 13 y 29% del peso inicial, la cual está compuesta principalmente por sílice, 87-97% (Rodríguez et al., 2014).

Estudios han reportado la composición mineral de la CA como

lo muestra la tabla 1; esta composición comparada con arcillas comerciales de uso para refinación de aceites, muestran mayor presencia del compuesto de interés SiO_2 como adsorbente. Una arcilla o tierra blanqueadora típica tiene la siguiente composición aproximada: 70% SiO_2 , 2% MgO , 15% Al_2O_3 , 1% CaO , 4% Fe_2O_3 y -7% de pérdida por calcinación (Bockisch, 2015; Bui et al., 2020).

Tabla 1. Composición química de la ceniza de cascarilla de arroz

Componentes	%
Ceniza de sílice (SiO_2)	94.10
Oxido de calcio (CaO)	0.55
Oxido de magnesio (MgO)	0.95
Oxido de potasio (K_2O)	2.10
Oxido de sodio (Na_2O)	0.11
Sulfatos	0.06
Cloruro	0.05
Oxido de titanio (TiO_2)	0.05
Oxido de aluminio (Al_2O_3)	0.12
Otros componentes (P_2O_5 F_2O_3)	1.82
Total	100

Fuente: Prada & Cortés (2010).

Esta investigación buscó proponer la aplicación de ceniza de CA como un agente de adsorción de jabones en el proceso de neutralización de aceites vegetales para la disminución de su concentración antes del proceso de blanqueo en la

refinación caustica de aceites vegetales.

2. Metodología

Lai et al. (2015) mencionan que existen 5 etapas de refinado. La tercera etapa de "Neutralización de

ácidos grasos libres con un ligero exceso de hidróxido sódico, seguido de la eliminación por lavado de los jabones y de los fosfolípidos hidratados”, para el estudio se determinó el contenido de jabón (expresado como oleato de sodio) del aceite que proviene de este proceso, para su posterior remoción y tratamiento con el adsorbente propuesto.

2.1. Preparación del adsorbente

La CA se obtuvo de la piladora de arroz “6 de diciembre” del cantón Rocafuerte, provincia de Manabí.

La ceniza de CA se obtuvo al someter la muestra a incineración a 600 °C en una mufla por un período de 120 min, de esta manera se logró la incineración total de la CA. El método utilizado fue basado en lo descrito en la INEN (2013).

Se realizó la medición del pH de la ceniza de CA al 10% (p/v) como lo indica Yoon et al. (2011), pesando 2 gramos de ceniza en 20 ml de agua destilada, se agita por 15 minutos luego se filtra y se mide el potencial de hidrogeno del agua. Al tener pH básico se procedió a lavarla con

agua destilada caliente hasta alcanzar un valor de pH neutro, que se necesitaba para el estudio.

2.2. Métodos analíticos

Se caracterizó la ceniza de CA por espectrofotometría infrarroja IR, el equipo que se utilizó para identificar las bandas correspondientes a los modos vibracionales de tensión de los enlaces oxido de silicio fue FT-IR marca Thermo Scientific, modelo Nicolet iS10.

La determinación del contenido de jabón expresado como oleato de sodio se cuantificó según el método descrito por AOCS (1997).

2.3. Diseño experimental

Este trabajo se realizó mediante un diseño experimental con arreglo factorial 2³, los factores estudiados fueron: concentración del adsorbente (A), tiempo (B), temperatura (C), mientras que la variable de respuesta fue el porcentaje de remoción de jabones, todos los experimentos se realizaron por duplicado, utilizando 100 g de aceite neutralizado. En la tabla 2 se detallan los factores y sus respectivos niveles.

El porcentaje de remoción de jabones se determinó aplicando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\% \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde; C_i es la concentración inicial de jabón y C_f la concentración

después del tratamiento. En este trabajo se empleó el análisis de varianza y la prueba de múltiples rangos de Tukey, con la ayuda del programa estadístico Statgraphics XVI.

Tabla 2. Factores y niveles del diseño factorial 23 para el proceso de adsorción

Factores	Nivel -	Nivel +
Concentración del adsorbente (%) (A)	0.4	0.6
Tiempo de contacto (min) (B)	20	30
Temperatura (°C) (C)	90	110

3. Resultados y discusión

3.1. Rendimiento en la obtención del adsorbente

Los porcentajes de ceniza de la CA fueron: 17.67, 17.41, 17.52 y 17.27

%, según las pruebas de caracterización realizadas. En las figuras 1 y 2 se aprecian los resultados obtenidos después de la calcinación y lavado del adsorbente.



Figura 1. Ceniza de arroz, A cascarilla de arroz calcinada



Figura 2. Ceniza de arroz, B ceniza lavada y neutra

El espectro infrarrojo de la ceniza de CA tratada y neutra, que se muestra en la figura 3, presenta bandas típicas relacionadas con sílice (SiO_2), la banda máxima desplazada hacia $\sim 1100 \text{ cm}^{-1}$ indica tensión de modos de vibración del enlace Si-O-

Si y la existencia de la capa tetraédrica silica que se atribuye a la banda próxima $\sim 800 \text{ cm}^{-1}$ y se corrobora con la disminución de la banda $\sim 500 \text{ cm}^{-1}$, correspondiente a la deformación Si-O-Si.

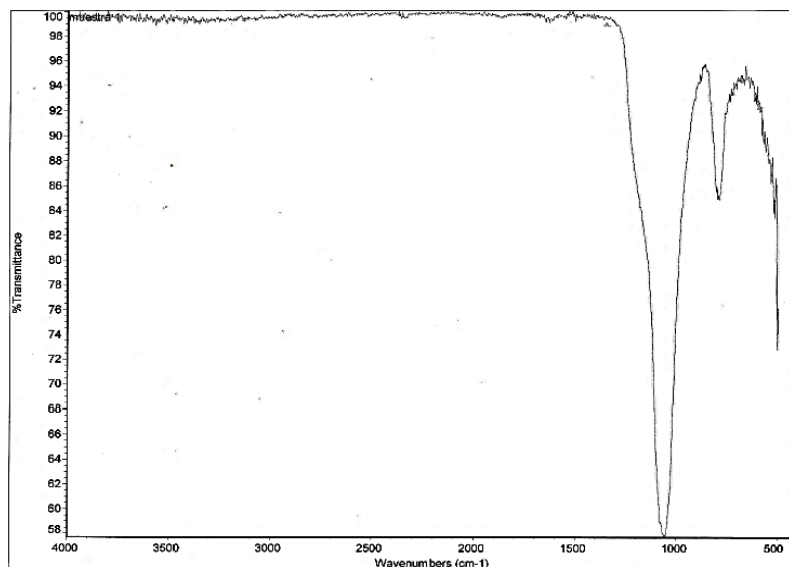


Figura 3. Espectro de FT-IR correspondiente a la ceniza de cascarilla de arroz tratada y neutra

El análisis de varianza ANOVA (tabla 3), permite evidenciar que los

valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los



factores. Puesto que 3 valores $p < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre % remoción con un 95% de nivel de

confianza. En este caso, la concentración de adsorbente (A), la temperatura de tratamiento (C) y la interacción entre estos factores (AB).

Tabla 3. *Análisis de varianza para % de remoción de jabones*

Factores	Valor-p
(A) Concentración del adsorbente	0.0084*
(B) Tiempo de contacto	0.2766
(C) Temperatura	0.0009*
Interacciones	
AB	0.4568
AC	0.0497*
BC	0.1637

De acuerdo al análisis de varianza, se rechaza la hipótesis de igualdad de medias para los factores concentración y temperatura, mientras que para la variable tiempo se acepta la hipótesis de igualdad, en esta se observa que comparten una misma categoría en los grupos homogéneos, y no tiene mayor

influencia sobre la variable de respuesta.

En la tabla 4, se aprecian los porcentajes promedios de remoción de las dos réplicas obtenidas después de cada tratamiento, donde se observa el porcentaje de remoción del 80.57%.

Tabla 4. *Diseño factorial 23 del % remoción de jabones*

Corrida	Factor A	Factor B	Factor C	%Remoción
1	0.4	20	90	80.57
2	0.4	30	110	79.65
3	0.6	20	110	67.55
4	0.4	30	90	77.32
5	0.6	20	90	76.25
6	0.6	30	110	67.54
7	0.4	20	110	70.76
8	0.6	30	90	78.41

En la figura 4, se observa la interacción entre los factores más significativos del diseño,

denotándose que la concentración de ceniza y la temperatura son significativos, la variable tiempo no

influyó en la remoción del jabón. En esta figura se aprecia que la temperatura de 90 °C juega un papel

importante en la adsorción de jabones junto con la concentración de la ceniza de arroz (0.4 %).

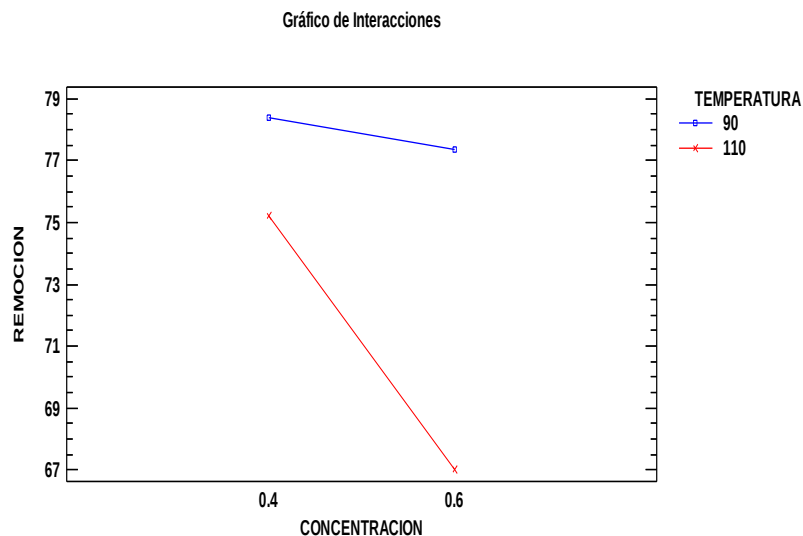


Figura 4. Gráfico de interacciones entre los factores que tienen efectos significativos sobre la variable de respuesta

3.2. Discusión

Existen resultados muy similares a los obtenidos en la presente investigación referentes al porcentaje de cenizas con estudios realizados por Bui et al. (2020); Valverde et al. (2007); Vargas & Alvarado (2013); Zambrano et al. (2021), donde evaluaron las características físico químicas de la CA.

En el espectro infrarrojo de la ceniza de CA tratada y neutra se puede corroborar la disminución de la banda de la deformación Si-O-Si que

coincide con lo reportado por Álvarez et al. (2020); Kou, (1999); Manique et al. (2012); Park et al. (2003).

En la tabla 4, se visualizan los porcentajes promedios de remoción, donde se destaca el mayor porcentaje de remoción del 80.57%, resultado que concuerda con Anchatuña et al. (2019) con 80.39% en aceites; se obtuvo a una concentración de 0.4 % de ceniza CA con un tiempo de contacto de 20 minutos y una temperatura de 90 °C. Estas eficiencias de remoción se deben a las características químicas



y morfológica de las cenizas evaluadas (Cárdenas, 2017).

Como se aprecia en la figura 4, se pudo comprobar la significancia de la concentración de ceniza, además, la temperatura de operación altera la adsorción, en el análisis estadístico el factor tiempo no tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta como lo ratifica Díaz (2018).

4. Conclusiones

La aplicación de ceniza de CA en los aceites neutralizados provenientes del proceso de refinación de caustica, mostró eficiencia significativa en la tasa de remoción de jabones, obteniéndose valores mayores al 60% en todos los tratamientos, donde el tratamiento con la concentración de 0.4 % de ceniza CA con un tiempo de contacto de 20 minutos a una temperatura de 90 °C, obtuvo la mayor tasa de remoción de oleato de sodio con 80,57%.

Bibliografía

Altamirano, C. E. C., Calvopiña, F. G. L., Chicaiza, X. M. P., & Pilco, C. R. J. (2021). Potencialidad de Biocombustibles a partir de

Residuos Orgánicos. *Revista Scientific*, 6(21), 40-57.
<https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2021.6.21.2.40-57>

Álvarez Trejos, A. K., Blanco González, V. A., & Benavente Silva, M. (2020). Estudio comparativo de la adsorción de aluminio de disoluciones acuosas usando quitosano y cascarilla de arroz. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 36(2), 21-29.

Anchatuña, D. X. G., Quiñonez, N. Q., Cercado, M. E. J., & Naranjo, D. M. (2019). Absorción de aceites y grasas en aguas residuales de lavadoras y lubricadoras de vehículos utilizando absorbentes naturales. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(3), 12-23.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7046815>

AOCS, A. (1997). Official method Cc 17-95, Soap in Oil Titrimetric Method. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 1.

Arteaga Quintana, J. F. (2020). Caracterización de cascarilla de arroz como biomasa residual para combustible térmico (Bachelor Thesis, Universidad Internacional SEK). Archivo digital.
<http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3742>

- Bastidas, J. V., & Vera, J. M. (2020). Biocombustible sólido a partir de residuos que generan los procesos agroindustriales del sector El Empalme. *Ingeniería e Innovación*, 8(22). <https://doi.org/10.21897/23460466.2333>
- Bockisch, M. (2015). Fats and oils handbook (Nahrungsfette und Öle). Elsevier.
- Bui, T. M. A., Nguyen, T. V., Nguyen, T. M., Hoang, T. H., Nguyen, T. T. H., Lai, T. H., ... & Nguyen-Tri, P. (2020). Investigation of crosslinking, mechanical properties and weathering stability of acrylic polyurethane coating reinforced by SiO₂ nanoparticles issued from rice husk ash. *Materials Chemistry and Physics*, 241, 122445. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122445>
- Cárdenas Murillo, L. G. (2017). Estudio de la capacidad de adsorción de materiales orgánicos para la remoción de aceites y combustibles presentes en aguas (Bachelor's thesis, USFQ). Archivo digital. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6346>
- Cemargo, J. V. (2005). Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. *El Hombre y la Máquina*, 25, 128-135.
- Díaz, C. A. A. (2018). Remoción de oxitetraciclina presente en soluciones acuosas usando cenizas de cáscara de arroz (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico de Leiria (Portugal)).
- Farr, W. E., & Proctor, A. (Eds.). (2014). Green vegetable oil processing (Revised first edition). AOCS Press.
- INEC. (2018). Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/>
- INEN. (2013). Cacao. (Productos derivados). Determinación de ceniza total. REP. Servicio Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/533-1R.pdf>
- Kou, M. del R. S. (1999). Modificación de arcillas naturales para su posterior uso como adsorbentes. *Revista de Química*, 13(1), 7-21. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4699>



- Lai, O.-M., Tan, C.-P., & Akoh, C. C. (2015). Palm oil: Production, processing, characterization, and uses. AOCS Press.
- Manique, M. C., Faccini, C. S., Onorevoli, B., Benvenuti, E. V., & Caramão, E. B. (2012). Rice husk ash as an adsorbent for purifying biodiesel from waste frying oil. *Fuel*, 92(1), 56-61. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.07.024>
- Naveda Rengifo, R. A., Jorge Montalvo, P. A., Flores del Pino, L., & Visitación Figueroa, L. (2019). Remoción de lignina en el pretratamiento de cascarilla de arroz por explosión con vapor. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 352-361. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n3/a07v85n3.pdf>
- Park, B.-D., Wi, S. G., Lee, K. H., Singh, A. P., Yoon, T.-H., & Kim, Y. S. (2003). Characterization of anatomical features and silica distribution in rice husk using microscopic and micro-analytical techniques. *Biomass and Bioenergy*, 25(3), 319-327. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00014-X](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00014-X)
- Prada, A., & Cortés, C. E. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. *Orinoquia*, 14, 155-170. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092010000300013
- Ramón, S. A. R., Gutiérrez, J. A. C., & Rojas-Suárez, J. P. (2018). Poder calorífico de la cascarilla de arroz usada como combustible en hornos de secado. *Mundo FESC*, 8(16), 63-67. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/299>
- Rodríguez-Páez, J. E., Macías-Pinto, D., & Arcos, C. A. (2014). Husk of rice as source of SiO₂. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (41), 7–20. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.19012>
- Salazar Lopez, J. A. (2019). Evaluación de la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación de aceite de palma (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América). Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7403>
- Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo, J. P. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et technica*, 13(37), 255-260.



<https://www.redalyc.org/pdf/849/84903743.pdf>

Vargas, L., & Alvarado, P. (2013). Caracterización del subproducto cascarilla de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, 23(1), 86-101.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5069938>

Yoon, S. H., Kim, M., & Gil, B. (2011). Deacidification effects of rice hull-based adsorbents as affected by thermal and acid treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 44(7), 1572-1576.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.002>

Zambrano-Zambrano, G. A., García-Macías, V. L., Cedeño-Palacios, C. A., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2021). Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa. *Polo del conocimiento*, 6(4), 415-437. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v6i4.2572>