

# Características nutritivas de los hollejos húmedos de naranja (*Citrus sinensis* cv. Valencia) mantenidos en estibas

## Nutritional characterization of fresh and pile-stored humid orange peel (*Citrus sinensis* cv. Valencia)

Jorge Martínez Melo<sup>a</sup>, Bertha Chongo García<sup>b</sup>, Humberto Jordán Vázquez<sup>b</sup>, Norberto Hernández Sosa<sup>a</sup>, Dayamí Fontes Marrero<sup>a</sup>, Yohanka Lezcano Más<sup>a</sup>, Nieves Cubillas Lañez<sup>a</sup>

### RESUMEN

Para estudiar algunas características bromatológicas y químicas de las cáscaras húmedas de naranja (*Citrus sinensis* cv. Valencia) procedentes de la industria cítrica se utilizaron tres estibas de este residuo por 12 días. Para el análisis de los resultados se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 3 x 6 para las variables pH, temperatura y materia seca (MS) y un 3 x 2 para la proteína cruda, calcio, fósforo y cenizas. Los factores fueron la profundidad (5-15, 15-30 y >30 cm) y los días de muestreo (1, 4, 6, 8, 10 y 12). Se encontró interacción ( $P < 0.01$ ) para los estratos de las estibas y los días de muestreo en MS, pH y temperatura, donde los valores de materia seca fueron menores en el estrato de más de 30 cm. La temperatura fue superior entre 5-15 cm, que indicó mayor fermentación y el pH mostró un comportamiento similar en el estrato de 15-30 y más de 30 cm, el cual se mantuvo con valores menores a 3.73. Los contenidos de ceniza mostraron interacción ( $P < 0.01$ ), indicando pérdidas de minerales y para el calcio la interacción entre los estratos de la estiba y los días fue significativa ( $P < 0.01$ ), mientras que para el fósforo y la proteína cruda no hubo diferencias estadísticas. Los resultados permitieron considerar que los hollejos de naranja mantenidos en estas condiciones no presentaron variaciones que comprometan su uso en la alimentación de los bovinos.

**PALABRAS CLAVE:** Cáscara de naranja, Valor nutritivo.

### ABSTRACT

Proximate analysis and chemical characterization were done of humid orange peel (*Citrus sinensis* cv. Valencia) by-product immediately after industrial processing and during storage in piles for 12 d. Samples of the stored peel were taken on d 1, 4, 6, 8, 10 and 12 of storage from three layers within the piles: 5-15 cm; 15-30 cm and >30 cm. Results were analyzed with a completely randomized design, using a 3 x 6 factorial arrangement for temperature, pH and dry matter, and a 3 x 2 factorial for crude protein, calcium, phosphorus and ash. Analyzed factors were layer of pile, and sampling day. Interaction was found ( $P < 0.01$ ) between layer and day for dry matter, pH and temperature. The 30+ cm layer had the lowest dry matter values. Temperature was highest in the 5-15 cm layer, indicating fermentation to be most active in this layer. Values for pH initially decreased in the stratum 15-30 cm and 30+ cm layers, and then remained below 3.5. Overall, pH did not surpass 3.73. There was interaction ( $P < 0.01$ ) between layer and day for calcium and ash content; the latter indicating mineral loss over time. No interaction existed for crude protein and phosphorus, meaning there were no differences within layer and day. Humid orange peel by-product stored in piles did not exhibit variations in proximate composition or chemical composition that could affect its use as a livestock feed.

**KEY WORDS:** Orange peel, By-products, Nutritional value, Livestock feed.

En los sistemas de producción bovina de las áreas tropicales, los pastos y los forrajes constituyen la base de la alimentación<sup>(1)</sup>, aunque presentan

Grasses and forages constitute the main feed base in tropical bovine systems<sup>(1)</sup>. These raw materials are subject, however, to interseasonal and interannual

Recibido el 9 de febrero de 2007. Aceptado para su publicación el 16 de octubre de 2007.

<sup>a</sup> Departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila, Carretera a Morón km 9 ½, 69450, Ciego de Ávila, Cuba. [jmelo@agronomia.unica.cu](mailto:jmelo@agronomia.unica.cu). Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

variaciones temporales en producción y calidad, las cuales pueden ser entre épocas o años, asociadas a las condiciones edáficas y climáticas, por lo que existe una deficiente producción de biomasa para los animales en la época poco lluviosa<sup>(2)</sup>.

El alto costo de insumos, tales como los concentrados a base de cereales, los fertilizantes, el riego y otros que permiten garantizar la alimentación, obliga a la búsqueda y caracterización de todo tipo de alimento que pueda ser útil a los rumiantes. Los subproductos agroindustriales y los residuos de cosecha constituyen en los países agrícolas una fuente importante de alimento, por lo que constituye una prioridad el uso de alimentos no convencionales para la producción de leche y carne.

En Cuba se han llegado a procesar cerca de 675,000 t métricas de cítricos. Cuando estas frutas se procesan para la obtención de jugos, concentrados y aceites esenciales, generan un residuo industrial del 45 al 60 % de su peso, en forma de cáscaras y semillas. Como consecuencia del proceso industrial de estos frutos queda una considerable cantidad de este subproducto cítrico que puede ser utilizado en la alimentación del ganado y así reducir el impacto negativo de la falta de alimentos en la época poco lluviosa, constituyendo una fuente de energía aceptable para los rumiantes<sup>(3)</sup>.

Este subproducto agroindustrial puede jugar un papel importante en la alimentación de estos animales en diferentes sistemas, como en los de producción de leche<sup>(4)</sup>, en los de engorda bovina<sup>(5)</sup> y ovina<sup>(6)</sup>.

El procesamiento industrial de los cítricos se ha convertido en un rubro importante<sup>(7)</sup>, por la fuente ingresos que representa las ventas de los jugos y aceites esenciales. Las naranjas (*Citrus sinensis* cv *Valencia*) y toronjas (*Citrus paradisi* cv *Marsh*) en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba, son las frutas cítricas que poseen mayor popularidad, pues son las variedades más cultivadas y su producción, en gran parte, se destina al procesamiento industrial. Los residuos que se generan son transportados a las unidades pecuarias para la alimentación de bovinos,

variaciones in production and quality. Edaphic and climate conditions are the principal cause of variations, and deficient biomass production is common during the dry season<sup>(2)</sup>.

Guaranteeing feed supply with inputs such as cereal-based concentrates, fertilizers, irrigation, etc. is costly. This has led to a search for, and characterization of, all kinds of potential energy sources for ruminants. Harvest waste and agroindustrial by-products, such as citrus peel, are an important feed source and have high potential as non-conventional feed sources in milk and meat production.

As much as 675,000 metric tons of citrus fruit are industrially processed annually in Cuba. When processed for juice, concentrates and essential oils, from 40 to 60 % of original raw material weight becomes industrial by-product in the form of peel and seeds. The immense quantity of resulting citrus by-product is an acceptable energy source for ruminants and can be used as livestock feed, thus mitigating dry season feed shortages<sup>(3)</sup>. It has the potential to play a significant role as an alternative feed in different livestock systems, such as milk production<sup>(4)</sup>, and cattle fattening<sup>(5)</sup> and sheep<sup>(6)</sup>.

Industrial citrus processing generates substantial income from the sale of juices and essential oils. In Ciego de Ávila province, Cuba, orange and grapefruit are the most popular and widely planted citrus varieties, and most production is used for industrial processing. The resulting by-product is transported to livestock production units to be used as feed. At the production units the by-product is stored in piles outside for up to 12 d, depending on the number of animals to be fed. The present study aim was to determine the nutritional characteristics of these by-products under these use conditions.

Two analyses were done. The first was to determine the nutritional characteristics of fresh orange peel, immediately after processing. The second was to determine the nutritional characteristics of orange peel silage during storage in piles for up to 12 d.

donde en muchos casos son mantenidos en forma de estibas y expuestos a los efectos del medio ambiente mientras son usados; en estas condiciones pueden estar hasta 12 días en dependencia de la cantidad de animales que lo consuman. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue estudiar algunas características nutritivas de estos residuos en estas condiciones de uso.

Se realizaron dos trabajos; el primero fue la determinación de las características nutritivas de las cáscaras de naranja al salir de la industria y en el segundo se determinaron las características nutritivas de las cáscaras de naranjas mantenidas en estibas por doce días.

El primer trabajo se realizó en la industria procesadora de cítricos; las muestras frescas del subproducto (cáscaras de naranja) se tomaron directamente antes que llegaran al silo. La toma de muestras se realizó de forma aleatoria cada tres días, con siete muestreos en total. El pH se midió dentro de los primeros 15 min de tomada la muestra, en los extractos, para ello se mezclaron 15 g de muestra en 150 ml de agua destilada, se centrifugó por 5 min y posteriormente se realizó la lectura del pH. El resto del material se trasladó al laboratorio de la Universidad para su procesamiento; a cada muestra se le realizó un cuarteo para lograr mayor homogeneidad. La materia seca (MS), proteína cruda (PC), calcio (Ca), fósforo (P) y ceniza se determinaron según las técnicas correspondientes<sup>(8)</sup> y los resultados se expresaron en base seca. La materia orgánica (MO) se determinó por la resta de 100 menos el valor de las cenizas. A los resultados se le hallaron la media y parámetros de dispersión.

En el segundo trabajo se realizó un experimento en la Universidad de Ciego de Ávila, en áreas de la Unidad de Ciencia y Técnica "Juan Tomás Roig". Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 3x6 para las variables: pH, temperatura y MS y un 3x2 para la PC, Ca, P y cenizas. Donde los factores fueron el residuo de cítrico a las profundidades de 5-15, 15-30 y más de 30 cm y los días de muestreo.

By-product analysis immediately after processing was done by collecting fresh samples on site at the processing facility before transport. Random samples of orange peel exiting the processing facility were taken every three days on seven occasions. Measurement of pH was done within 15 min after sampling using extracts. A mixture was made of 15 g sample in 150 ml distilled water; this was centrifuged for 5 min and a pH reading taken. The remaining samples were transported to the laboratory at the Universidad de Ciego de Ávila for processing. Each sample was quartered to increase homogeneity. Dry matter (DM), crude protein (CP), calcium (Ca), phosphorous (P) and ash were determined following standard techniques<sup>(8)</sup> and the results expressed in dry base (DB). Organic matter was determined by subtracting the ash value from 100. The mean and range were determined for the data.

Determination of by-product nutritional characteristics during storage was done using an experiment at the Juan Tomás Roig Science and Technical Unit, Universidad de Ciego de Ávila. A completely random design was applied with a 3 x 6 factorial for pH, temperature and DM, and a 3 x 2 factorial for CP, Ca, P and ash. The factors were ensiled citrus by-product at 5-15, 15-30 and 30+ cm depth, and day of sampling. Systematic sampling was done of stored moist orange peels on d 1, 4, 6, 8, 10 and 12, along a diagonal. Each sample was homogenized by quartering. Three replicates were made per treatment with a total of 54 samples taken during six samplings. Only samples taken on d 1 and 10 were used to determine CP, ash, Ca and P. Temperature was measured with a thermometer (0-100 °C); pH was determined as described above; and DM, CP, ash, Ca and P were determined with the corresponding techniques<sup>(8)</sup> and expressed in dry base (DB).

All results were processed with the Infostat statistics package<sup>(9)</sup>. A multiple range test was used to analyze the differences between means<sup>(10)</sup>.

#### *Characterization of fresh by-product*

Immediately after processing the orange peel had a mean crude protein (CP) level of 7.71 % and a

A la estiba de cáscaras húmedas de naranja se le realizaron muestreos sistemáticos en los días 1, 4, 6, 8, 10 y 12, en forma de diagonal; posteriormente cada muestra se homogenizó mediante un cuarteo. Se obtuvieron tres repeticiones por tratamiento, con un total de 54 muestras en seis muestreos. De estas, sólo las del día 1 y 10 se usaron en la determinación de PC, Ceniza, Ca y P. La temperatura se midió con un termómetro (0-100 °C), el pH se determinó como se explicó anteriormente, la MS, PC, cenizas, Ca y P de acuerdo a las técnicas correspondientes<sup>(8)</sup>, donde los resultados se expresaron en base seca.

Los resultados fueron procesados por el paquete estadístico Infostat<sup>(9)</sup> y se realizó un análisis para las diferencias entre medias con una prueba de rango múltiple<sup>(10)</sup>.

#### *Caracterización al salir de la industria*

Se encontraron niveles medios de proteína cruda de 7.71 %, además el contenido de MS estuvo por debajo de 20.68 % (Cuadro 1), valores similares con la literatura<sup>(11)</sup>, donde se puede confirmar las características de estos residuos, que tienen bajos niveles de proteína cruda y contenidos elevados de humedad, lo que se debe tener en cuenta a la hora de usarlos en la alimentación de rumiantes, pues es necesario suplementarlos con una fuente de nitrógeno, ya sea natural o no proteico para lograr un mejor funcionamiento de la fermentación ruminal<sup>(12)</sup>.

El contenido de materia orgánica y ceniza, de 95 y 4.47 % respectivamente corresponde con valores reportados en otros trabajos<sup>(13)</sup>, donde se caracterizó la cáscara de cítrico seca. Este nivel elevado de materia orgánica, así como el bajo pH es un indicador que demuestra el potencial contaminante que tienen estos residuos, de ahí la importancia de secarlos o usarlos en forma de ensilaje o frescos en la alimentación animal.

El calcio y el fósforo, como uno de los macrominerales más importantes, se deben suministrar a los animales en las proporciones adecuadas. Este residuo industrial, se caracterizó

Cuadro 1. Valores bromatológicos de las cáscaras de naranja al salir de la industria (%)

Table 1. Proximate composition of fresh orange peel (%)

	Minimum	Mean	Maximum	SD
DM	17.79	18.83	20.68	1.08
CP	6.44	7.71	8.92	0.96
OM	95.11	95.35	95.53	0.14
Ash	4.47	4.65	4.89	0.14
Ca	0.81	0.88	0.98	0.05
P	0.10	0.11	0.14	0.01
pH	3.41	3.65	3.90	0.17

DM= dry matter; CP= crude protein; OM= organic matter; CA= calcium; P= phosphorus; SD= standard deviation.

DM content below 20.68 % (Table 1). These values agree with those reported in the literature<sup>(11)</sup>, and confirm that this by-product has low crude protein levels and high moisture content. To be used as ruminant feed, therefore, it must be supplemented with a natural or non-protein nitrogen source to enable adequate rumen functioning<sup>(12)</sup>.

The organic matter (OM) (95 %) and ash (4.47 %) values coincided with previously reported values determined with dry citrus peel<sup>(13)</sup>. The high OM content and low pH of this by-product mean, it is a potential pollutant, and highlights the importance of drying it or using it as animal feed (silage or fresh).

Calcium (Ca) and phosphorous (P) are two of the most important macromineral in animal diets and must be provided in an appropriate ratio. The fresh orange peel by-product had an unbalanced Ca/P ratio of 8:1, which is a nutritional limitation for its use in livestock feeding. Adequate Ca/P ratios for feed generally range from 1.0-1.3: 1.0, but can be as high as 4-5:1 for producing dairy cows<sup>(14)</sup>. Other studies<sup>(15)</sup> have shown industrial citrus by-products to have low P levels, with differences between varieties.

#### *Characterization of by-product under storage*

##### *Dry Matter (DM)*

In the 5-15 cm layer, DM content increased

por el desbalance entre estos minerales, con una relación Ca/P de 8:1, razón que constituye una limitante nutricional de este subproducto, pues los valores adecuados para la relación Ca/P en los alimentos son de 1.0-1.3: 1.0, y en las vacas lecheras en producción requieren relaciones de 4-5:1 según Shimada<sup>(14)</sup>. Así en otros estudios<sup>(15)</sup> también se han encontrado bajos niveles de fósforo en residuos industriales cítricos, con diferencias entre variedades de cítricos procesados.

*Caracterización mantenidas en estibas*

*Materia seca (MS)*

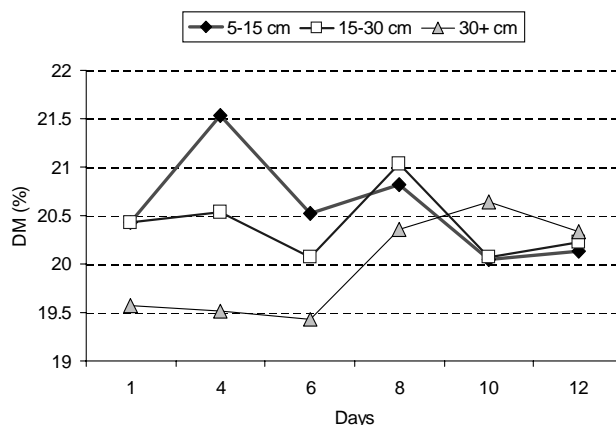
En la profundidad de 5-15 cm (Figura 1) se observó que el día 4 el contenido de MS se incrementó ( $P < 0.05$ ) una unidad y en los restantes días no hubo diferencias. De 15-30 cm los niveles de MS fueron superiores ( $P < 0.05$ ) en el día 8 y similares en el resto de los días. Mientras que en el estrato de más de 30 cm aumentó ( $P < 0.05$ ) a partir del día 8 y fue similar hasta el día 12. Se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre las profundidades en los días 1, 4 y 6 con los menores valores para la profundidad de más de 30 cm. En esta variable se detectó una interacción ( $P < 0.01$ ) entre las profundidades y los días.

Las variaciones que se encontraron estuvieron dadas por los efluentes de las cáscaras cítricas<sup>(16)</sup>. La humedad del residuo se consideró alta y se caracterizó por tener poca retención de líquidos. Otro factor importante en la fluctuación del contenido de MS fue la respiración celular unido a la fermentación espontánea de estos residuos ricos en humedad y carbohidratos solubles<sup>(17)</sup>, porque en ambos procesos se obtiene agua y se libera energía en forma de calor, que se verificó en los valores de temperatura alcanzados (Figura 2). Con relación a esto, en cáscaras de cítricos mantenidas en estibas por más tiempo, se encontró mayor contenido de MS<sup>(11)</sup>, esto sugiere que después de 10 días continúen las pérdidas de agua en la estiba.

Estos valores de la MS de la estiba (Figura 1) son comparables con otros, en cáscaras de naranja<sup>(18)</sup>, con promedios de 19.4 %; sin embargo fueron mayores a los encontrados en ensilaje de cáscaras

Figura 1. Comportamiento de la materia seca (%) en estibas de cáscaras de naranja

Figure 1. Dry matter (DM) content (%) in stored orange peel in three layers and on different sampling days



( $P < 0.05$ ) one unit by d 4 but remained unchanged in subsequent samplings (Figure 1). In the 15-30 cm layer, DM was highest ( $P < 0.05$ ) on d 8 but was similar on all other days. In the 30+ cm layer it increased ( $P < 0.05$ ) beginning on d 8 and remained similar in all following samples until d 12. Differences ( $P < 0.05$ ) between depths were observed on d 1, 4 and 6 with the lowest values in the 30+ cm layer. There was an interaction ( $P < 0.01$ ) between layer and day for this parameter.

The variations observed in DM were due to the effluents produced by the orange peel<sup>(16)</sup>; residual moisture was high and orange peel does not effectively retain moisture. Another important factor in this fluctuation was the combination of cellular respiration and spontaneous fermentation in this moisture- and soluble carbohydrate-rich by-product<sup>(17)</sup>. Both these processes produce water and release energy as heat, which was confirmed by the high temperature values (Figure 2). Citrus peel stored for longer periods has an even higher DM content<sup>(11)</sup>, suggesting that water loss continues after 10 d.

The DM values observed here are comparable to other reported values for stored orange peel (average=

de cítricos<sup>(17)</sup> con 15.03 % de MS, esto pudiera deberse a la diferencia en los niveles de humedad de los residuos cítricos de diferentes países.

### Temperatura

Los valores de temperatura del estrato de 5-15 cm (Figura 2) estuvieron en el rango de 37.0 a 42.0 °C. En dicho estrato este indicador aumentó ( $P < 0.05$ ) en el día 4 y a partir del día 10 se apreció una estabilidad del mismo. En la profundidad de 15-30 cm, después del día 1, los valores fueron superiores ( $P < 0.05$ ) y se estabilizaron a partir del día 8, entre 40.5 y 40.71 °C, mientras que en el estrato inferior la tendencia fue creciente ( $P < 0.05$ ) a medida que pasaron los días. Cuando se analizó la temperatura por días, se comprobaron las diferencias entre capas, donde fue menor ( $P < 0.05$ ) en la profundidad de más de 30 cm en cada día. Se encontró interacción ( $P < 0.01$ ) para los días y las profundidades en esta variable.

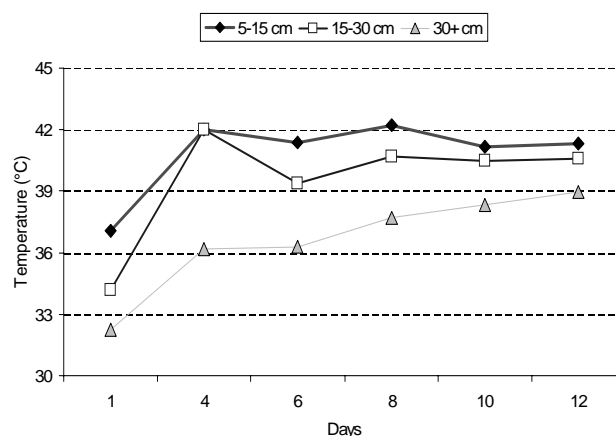
Estos valores de temperatura sugirieron que la intensidad de los procesos exotérmicos fueron diferentes en cada estrato. Esto estuvo ocasionado por la forma en que se mantuvo el subproducto, sin cobertura, donde en el mismo ocurrió un apelmazamiento espontáneo, pero quizás no fue suficiente para impedir la entrada de aire, que favorece la respiración celular.

Los incrementos de la temperatura fueron debidos a los procesos respiratorios y fermentativos, los que tienen en común, la producción de calor, dióxido de carbono y agua a partir de carbohidratos<sup>(19)</sup>, donde parte del agua posiblemente se incorporó al estrato inferior de la estiba, unida a los escurrimientos por el efecto mecánico del apelmazamiento<sup>(20)</sup>.

Estos valores fueron superiores a los encontrados por Martínez<sup>(21)</sup>, en ensilaje de naranja con 36.6 °C a la hora de abrir el silo, comparable a los obtenidos en ensilaje caña (*Sacharum officinarum*)<sup>(22)</sup> con valores de 35.6 a 37.6 °C, lo que sugiere que los procesos exotérmicos fueron más intensos en las estibas de cáscaras de naranja por las características adecuadas de estos residuos

Figura 2. Comportamiento de la temperatura (°C) en estiba de cáscaras de naranja

Figure 2. Temperature (°C) in stored orange peel in three layers and on different sampling days



19.4 %)<sup>(18)</sup>, but higher than those reported for citrus peel silage (15.03)<sup>(17)</sup>. These differences are probably due to differing moisture content in citrus by-products from different sources.

### Temperature

In the 5-15 cm layer temperature increased ( $P < 0.05$ ) from 37 °C on d 1 to 42 °C on d 4 and then remained relatively stable to d 12 (Figure 2). In the 15-30 cm layer, temperature again increased ( $P < 0.05$ ) from d 1 to d 4, dropped slightly by d 6 and then stabilized at 40.5 to 40.71 °C after d 8. In contrast, temperature in the 30+ layer increased ( $P < 0.05$ ) steadily to d 12, reaching a maximum of 39 °C. Analysis of temperature over time showed the layers to be different ( $P < 0.05$ ), with the 30+ cm layer having the lowest temperature. This parameter exhibited an interaction ( $P < 0.01$ ) between layer and days.

The presence of temperature variation by layer suggests that the intensity of exothermic processes differed between layers, probably the result of the uncovered, outdoor storage conditions. Some spontaneous compression occurred under these conditions, but it was apparently not sufficient to prevent airflow and cellular respiration therefore continued.

para fermentar<sup>(23)</sup> y por las condiciones aeróbicas en que se desarrolló el estudio.

*Valor de pH*

En el estrato de 5-15 cm los valores del pH fueron variables (Figura 3), el incremento ( $P < 0.05$ ) a partir del día 10 puede indicar el comienzo del deterioro de este residuo a partir de este momento. Las capas de 15-30 cm y más de 30 cm presentaron un comportamiento similar, donde el pH se redujo ( $P < 0.05$ ) en el día 4 y se mantuvo similar hasta el final del experimento.

En el día 1 este indicador fue menor ( $P < 0.05$ ) en la capa de 5-15 cm, mientras que a partir del día 4 hasta el 6 no hubo diferencias entre estratos, por día. Pero del día 8 al 12 los valores en el estrato de 5-15 cm fueron mayores ( $P < 0.05$ ) que en el estrato de 15-30 cm y más de 30 cm, mientras que entre estos últimos dos estratos no hubo diferencias. En la estiba de residuo integral de cáscaras de naranja el pH presentó interacción ( $P < 0.01$ ) para los días y la profundidad de muestreo

Al analizar estos resultados se observa que los cambios mayores ocurrieron del día 1 al 4, con una caída del pH. En el estrato de 5-15 cm se encontraron las mayores variaciones de este indicador, lo que demuestra su menor estabilidad comparado con los estratos medio e inferior, pues su tendencia fue a aumentar al final del experimento lo que pudiera indicar el progresivo deterioro con el aumento del tiempo<sup>(11,16)</sup>.

No obstante los valores obtenidos (Figura 3) para las cáscaras cítricas mantenidas en estiba, no superaron la cifra de 3.73 unidades, lo que caracterizó a este subproducto por una alta acidez. Estos resultados fueron comparables a los de otros autores<sup>(21,24)</sup>, en ensilaje de cáscaras de naranja y residuos de piña respectivamente. Además fueron menores a los valores de pH para cáscaras frescas de naranja (5.19 unidades)<sup>(25)</sup>, lo que indicó la rápida fermentación de este residuo.

Este comportamiento del pH en el material supone una adecuada conservación, pues los valores se mantuvieron por debajo de 4.5 unidades, lo que

The increases in temperature over time were caused by respiratory and fermentation processes, both of which produce heat, carbon dioxide and water from carbohydrates<sup>(19)</sup>. Under the present study conditions the water probably descended into the lower layer, combining with that exuded by mechanical compression within the pile<sup>(20)</sup>.

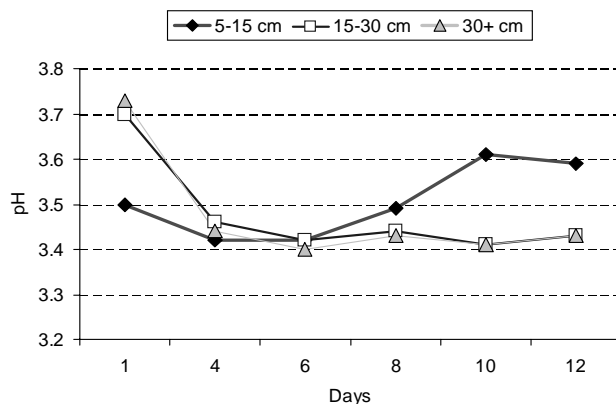
Temperature values observed here were higher than the 36.6 °C reported by Martínez<sup>(21)</sup> for orange peel silage, and generally higher than the 35.6 to 37.6 °C reported for sugar cane (*Sacharum officinarum*) silage<sup>(22)</sup>. This suggests that the exothermic processes observed here in piled orange peel were probably more intense due to the propensity of this kind of by-product to ferment<sup>(23)</sup>, and to the aerobic study conditions.

*pH value*

In the 5-15 cm layer, pH values remained at or below 3.5 from d 1 to d 8 and then increased ( $P < 0.05$ ) to 3.6 after d 10 (Figure 3), indicating the by-product began to deteriorate beginning approximately at d 10. The 15-30 cm and 30+ cm layers exhibited similar behavior, with pH decreasing ( $P < 0.05$ ) from 3.7 at d 1 to below 3.5 at d 4 and then remaining relatively stable until d 12.

Figura 3. Comportamiento del pH en estiba de cáscaras de naranja

Figure 3. pH in stored orange peel in three layers and on different sampling days



impide el desarrollo de bacterias de la putrefacción<sup>(26)</sup>. En este sentido, estudios realizados por Ojeda *et al*<sup>(27)</sup> demostraron que el ensilaje de cáscaras cítricas de 60 días resultó de excelente calidad, de acuerdo con el valor de pH (3.2), lo que ratificó las adecuadas características organolépticas y aceptación por los ovinos. Además estos bajos niveles de pH son similares a los encontrados por Itavo *et al*<sup>(28)</sup> en ensilaje de cáscaras de naranja.

*Cenizas*

Al analizar el contenido de cenizas (Cuadro 2), en el día 1 la capa profunda presentó mayor valor ( $P < 0.05$ ), mientras que en el día 10 el valor encontrado en la capa más profunda fue similar a la media pero menor ( $P < 0.05$ ) que la capa de 5-15 cm. En esta variable se encontró interacción ( $P < 0.01$ ) en los días con las profundidades de la estiba.

Estos resultados pudieron estar dados por una pérdida de minerales en el estrato más profundo<sup>(20)</sup>, que posiblemente arrastraron minerales solubles junto a los líquidos efluentes, y esta consecuencia pudo ser mayor a más de 30 cm de profundidad. Variaciones en el nivel de ceniza también fueron observadas en otro estudio<sup>(21)</sup> en ensilajes de cáscaras cítricas, donde se perdieron los efluentes. Estos niveles son similares a los encontrados por otros autores<sup>(13,17)</sup> para ensilaje de cáscaras de

Cuadro 2. Comportamiento de la ceniza y el calcio en estiba de cáscaras de naranja

Table 2. Ash and calcium content in stored orange peel at days 1 and 10

Layer (cm)	Ash sample day		Calcium sample day	
	1	10	1	10
5-15	4.77 <sup>ab</sup>	5.09 <sup>cd</sup>	0.92 <sup>bc</sup>	0.83 <sup>ab</sup>
15-30	4.54 <sup>a</sup>	4.86 <sup>bc</sup>	0.91 <sup>bc</sup>	0.86 <sup>ab</sup>
30+	5.18 <sup>d</sup>	4.67 <sup>ab</sup>	0.81 <sup>a</sup>	0.98 <sup>c</sup>
SME	0.089 <sup>**</sup>	0.029 <sup>**</sup>		

abcd Means with different superscripts in the same variable are different ( $P < 0.05$ ).

SME = Standard mean error.

\*\*  $P < 0.01$

At d 1, the lowest ( $P < 0.05$ ) pH was in the 5-15 cm layer, and on d 4 and 6, there were no differences between layers. From d 8 to 12 pH values were highest ( $P < 0.05$ ) in the 5-15 cm layer, and were not different between the 15-30 cm and 30+ cm layers. Overall, pH exhibited an interaction ( $P < 0.01$ ) between day and layer.

The most notable changes in pH occurred between d 1 and 4, when pH decreased drastically. Variations in pH were greatest in the 5-15 cm layer, indicating that it is less stable than the middle and lower layers; the tendency to higher pH values towards the end of the experiment may indicate progressive deterioration over time<sup>(11,16)</sup>.

Acidity in the stored citrus peel remained high throughout the experimental period; pH did not surpass 3.73 in any layer on any sampling day (Figure 3). These results are comparable to values reported for orange peel silage<sup>(21)</sup> and pineapple by-products<sup>(24)</sup>, but lower than those for fresh orange peel (5.19)<sup>(25)</sup>. Clearly, the by-product studied here was fermenting rapidly.

Values for pH in this range (i.e.  $< 3.75$ ) indicate that the by-product was adequately preserved since levels below 4.5 prevent development of putrefying bacteria<sup>(26)</sup>. This coincides with Ojeda *et al*<sup>(27)</sup>, who reported a pH of 3.2 in orange peel silage after 60 d, showing it to be of excellent quality, to have adequate organoleptic qualities and to be accepted by sheep. The acidic pH values observed here are also similar to those reported by Itavo *et al*<sup>(28)</sup> for orange peel silage.

*Ash*

On d 1, ash content was highest ( $P < 0.05$ ) in the 30+ cm layer. By d 10 ash in the 30+ cm layer had decreased to levels lower ( $P < 0.05$ ) than the 5-15 cm layer, but closer to the mean. Interaction ( $P < 0.01$ ) was present in this parameter between day and layer. These ash values may have resulted from a progressive loss of minerals in the 30+ cm layer<sup>(30)</sup> caused by liquid effluents carrying soluble minerals to deeper levels; this effect would be more pronounced at depths greater than 30 cm. Variable ash contents have also been reported for



naranja a los 60 días y en cáscaras de cítrico seca, con valores de 4.55 y 4.98 % respectivamente.

*Calcio (Ca)*

Los contenidos de calcio (Cuadro 2) en el día 1 fueron superiores ( $P < 0.05$ ) para el estrato de 5-15 y 15-30 cm. Un comportamiento inverso se observó en el día 10. No se encontraron diferencias para los días en la capa de 5-15 y 15-30 cm. Mientras que en el estrato de más de 30 cm fue mayor el nivel de calcio en el día 10. Se encontró interacción ( $P < 0.01$ ) para el día y la profundidad. Esto pudo deberse al arrastre de este elemento en los efluentes desde los estratos superior y medio hacia el profundo. Aunque se verificó una disminución de la ceniza en el estrato profundo cuando transcurrió el tiempo, es preciso señalar que dentro de esta se encuentran otros minerales no estudiados que pudieron lixiviar junto a los jugos.

Estos resultados son comparables con los de otro estudio<sup>(21)</sup> con ensilaje de cáscaras de naranja, donde se encontró una variación en el nivel de calcio, con un aumento a los 60 días en la capa profunda. Por otra parte los valores encontrados en la estiba coinciden con lo reportado por otros autores<sup>(15)</sup> para varios cultivares de cítricos, en la escala de 0.7 a 0.9 %.

*Fósforo (P) y proteína cruda (PC)*

La inexistencia de interacción entre los factores profundidad y momento de muestreo en estas dos variables conllevan a un análisis separado de los factores. Los niveles de fósforo para el producto fresco (Cuadro 1) y en estiba (Cuadros 3,4) fueron

Cuadro 3. Efecto de la profundidad de muestreo en el fósforo (P) y proteína cruda (CP)

Table 3. Effect of layer on phosphorous (P) and crude protein (CP) in stored orange peel

Variable(%)	Layer (cm)			SME
	5-15	15-30	30+	
P	0.11	0.11	0.10	0.0058 NS
CP	8.24	8.10	8.32	0.2852 NS

SME= Standard mean error. NS= Not significant.

citrus peel silage with effluent loss<sup>(21)</sup>. The ash contents observed here are similar to those reported for orange peel silage at 60 d (4.55 %)<sup>(13)</sup> and for dry citrus peel (4.98 %)<sup>(17)</sup>.

*Calcium (Ca)*

On d 1, Ca content was highest ( $P < 0.05$ ) in the 5-15 and 15-30 cm layers, but decreased by d 10; there were no differences between these layers on either day. The 30+ layer, in contrast, had the highest ( $P < 0.05$ ) Ca content on d 10. This parameter exhibited interaction between day and layer. As with ash, this element may have been carried from the upper and middle layers to the lower layer by effluents. Even though ash content decreased in the 30+ layer over time, other minerals not studied here may have lixiviated together with the liquids. These results are comparable to the increased Ca reported in deep layers of orange peel silage at 60 d<sup>(21)</sup>, and coincide with values (0.7 - 0.9 %) reported for different citrus cultivars<sup>(15)</sup>.

*Phosphorous (P) and crude protein (CP)*

No interaction was observed between day and layer for both P and CP, and therefore they were analyzed separately. Levels of P in the fresh (Table 1) and stored by-product (Tables 3,4) were similar to those reported for dry citrus peel<sup>(29)</sup>. In the stored by-product, P remained at low levels and did not change in response to day or layer. The Ca/P ratio was unbalanced<sup>(13,14)</sup>, which must be compensated for when feeding this input to animals.

Cuadro 4. Efecto del momento de muestreo (día) en el fósforo (P) y proteína cruda (CP)

Table 4. Effect of sample day on phosphorous (P) and crude protein (CP) in stored orange peel

Variable(%)	Sample day		
	1	10	SME
P	0.10	0.10	0.0047 NS
CP	8.25	8.18	0.2328 NS

SME= Standard mean error. NS= Not significant.

similares a los de otro estudio<sup>(29)</sup> con cáscara de cítrico seca. Estos valores no se afectaron por los días ni por las profundidades de la estiba, quizás, por el bajo nivel que se encontró. Además se demostró el desbalance entre los minerales calcio y fósforo<sup>(13,14)</sup>, aspecto que se debe tener en cuenta al suministrar este alimento a los animales.

Los resultados de la proteína cruda no difirieron en los días ni en las profundidades. Estos valores similares pudieron estar dados por el efecto del bajo pH, que en el día 4 mostró una caída brusca respecto al día 1 y se mantuvo en una escala estrecha que garantizó condiciones ácidas, que reducen la proteólisis<sup>(19)</sup>. En este sentido, resultados en ensilaje de cáscaras cítricas en condiciones de laboratorio<sup>(21)</sup> demostraron la desaparición de los microorganismos proteolíticos y hongos filamentosos en las primeras 24 h, mientras que en este tipo de ensilaje en condiciones de campo, a los 60 días sólo se encontró la presencia de *Lactobacillus* sp. con un pH de 3.7 a 3.9.

Aunque en el presente estudio las condiciones fueron diferentes (estiba sin cobertura), donde las condiciones de anaerobiosis no fueron estrictas, sí se registraron valores de pH por debajo de 3.73 unidades, lo que demostró ser un medio adverso para el desarrollo de microorganismos proteolíticos.

De esta forma se concluyó que el estrato de 5-15 cm tuvo mayores valores de temperatura, lo que infirió una mayor intensidad en los procesos exotérmicos. El pH de los tres estratos no sobrepasó las 3.73. Lo antes analizado demostró que las cáscaras de naranja mantenidas en estas condiciones, en el tiempo estudiado, a pesar de las variaciones encontradas en la MS, ceniza y calcio no comprometen su uso en la alimentación de ruminantes. A pesar de sus limitaciones nutritivas, como son los bajos niveles de PC, P, altos contenidos de agua y pH inferior a 4 unidades.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento de Fisiología por el análisis químico de las muestras y al

Crude protein did not differ in response to day or layer, probably due to the low pH values. The sharp decrease in pH from d 1 to d 4, and its relative stability thereafter, maintained acidic conditions which reduced proteolysis<sup>(19)</sup>. This coincides with the reported disappearance of proteolytic microorganisms and filamentous fungi after 24 h in citrus peel silage under laboratory conditions, and the disappearance of all microorganisms except *Lactobacillus* sp. after 60 d in the same silage type under field conditions at pH 3.7 to 3.9<sup>(21)</sup>. Although the present study conditions (uncovered storage) differed from this study and the anaerobic conditions here were not tightly controlled, pH values remained below 3.73, thus maintaining conditions adverse to proteolytic microorganisms.

In conclusion, the 5-15 cm layer had the highest temperature values, suggesting that exothermic processes were most intense in this layer. Values for pH did not surpass 3.73 in any of the three layers during the 12-d experimental period. Storage of orange peel under the studied conditions does not compromise its use as a feed for ruminants, despite variations observed in DM, ash and Ca, and this by-product's inherent nutritional limitations (i.e. low CP and P, high water content, pH below 4.0).

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Physiology Department of the Animal Science Institute of Cuba for chemical analysis of samples, and the Biomathematics Department for assistance with statistical analysis. Special thanks to Lic. Lucia Sarduy, Aida C. Noda, Magaly Villafranca and Dra. Verena Torres.

*End of english version*

---

Departamento de Biomatemáticas por la ayuda en el análisis estadístico de los datos, ambos del Instituto de Ciencia Animal de Cuba, en especial a las licenciadas Lucia Sarduy, Aida C. Noda, Magaly Villafranca y a la Dra. Verena Torres.

LITERATURA CITADA

1. Lascano CE. Producción animal en pasturas tropicales. En: Memorias del Seminario Internacional: Evaluación de praderas tropicales. Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 1991:63-79.
2. Martínez RO. Bancos de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical. En: Estrategias de alimentación para ganado Bovino en el trópico. Instituto de Ciencia Animal (Ed) EDICA. 2004:133-139.
3. Bueno MS, Ferrari E, Blanchini D, Leinz F, Rodríguez CF. Effect of replacing corn with dehydrated citrus pulp in diets of growing kids. *Small Rum Res* 2002;46:179-185.
4. Assis AJ, de Souza CJM, de Queiroz AC, et al. Citrus pulp in diets for milking cows. 2. Digestibility of nutrients in two periods of feces collection and rumen fluid pH and ammonia nitrogen. *Rev Bras Zootec* 2004;33(1):242-250.
5. Peacock FM, Kirk WG. Comparative feeding value of dried citrus pulp, corn feed meal, and ground snapped corn for fattening steers in drylot. *Florida Coop Ext Serv* 2003; Bull 616.
6. Volanis M, Zoiopoulos P, Tzerakis K. Effects of feeding ensiled sliced oranges to lactating dairy sheep. *Small Rum Res* 2004;53:15-21.
7. Pérez M, Correó A, Morerá S, Ruiz P. La industria cítrica cubana. *Todo Citrus* 2001;(15):34.
8. AOAC. Official Methods of Analysis. 16<sup>th</sup> ed. Assoc. Off. Agric. Chem. Washington, DC. USA. 1995.
9. Infostat. Software estadístico. Manual del usuario (versión 1.0). Córdoba. Argentina. 2001.
10. Duncan DB. Multiple range and multiple f test. *Biometrics* 1955(11):1.
11. Ojeda F, Cáceres O. Principales avances en la utilización de los subproductos agroindustriales. *Pastos y Forrajes* 2002;25(1):21-30.
12. Galindo J, Marrero Y. Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. *Rev Cubana de Cien Agríc* 2005;39:439-450.
13. Giraldo AM, Motta W. Producto e caracterizacáo bromatológica da polpa cítrica seca. *Rev CFMV* 2000 (Suplemento técnico No 19) [on line]. <http://www.cfmv.org.br/rev19/tecnico1.htm>. Consultado 25 Oct, 2005.
14. Shimada A. Nutrimientos inorgánicos. En: Nutrición animal. México: Editorial Trillas. 2003:187-205.
15. Figueroa V, Sánchez M. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal [resumen]. En: Memorias de un taller regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO en la Habana, Cuba. ed. FAO Roma, Italia. 1997.
16. Ojeda F, Cáceres O, Montejo I. Evaluación de diferentes materiales absorbentes para ensilar hollejo de cítrico. *Pastos y Forrajes* 2003;26(4):355-361.
17. Itavo LC, dos-Santos GT, Cabreira C, Vinhas T, Peron K, Brandao C. Composicao e Digestibilidade Aparente da Silagem de Bagaco de Naranja. *Rev Bras Zootec* 2000;29(5):1485-1490.
18. Ashbell G, Weinberg ZG. Orange peel. The effect of blanching and calcium hydroxide addition on ensiling losses. *Biol Wastes* 1988;(23):73-77.
19. Wattiaux M. Introducción a la preservación por ensilaje. Instituto de Babcock. Universidad de Wisconsin 2003. [en línea] <http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/wde/silage.es.pdf>. Consultado 27 Dic, 2005.
20. Pérez F, López JL, Blanco M, Sánchez H. Caracterización química y evaluación de las pérdidas de nutrientes en el proceso de conservación in Vitro del hollejo de cítrico con cachaza, paja de caña de azúcar y forraje de *Leucaena leucocephala* en una relación 70:30 base seca respectivamente. Séptima Conferencia Científica Internacional, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba. 2006.
21. Martínez G. Valoración nutritiva del hollejo fresco de cítrico ensilado en dietas para ovinos [tesis maestría]. Camaguey, Cuba: Universidad de Camaguey; 2003.
22. Molina AS, Febles I, Sierra JF. Ensilaje de caña de azúcar con síntesis protéica. Formulación de los aditivos. *Rev Cubana Cienc Agríc* 1997;31(3):271-274.
23. Ojeda F, Lamela L, Cáceres O, Esperance M, Martín G, Tápanes L, et al. Tecnología para la conservación y utilización de los hollejos de cítricos. I Congreso Internacional de Producción Animal La Habana, Cuba. 2005.
24. Gutiérrez F, Rojas-Bourrillón A, Dormond H, Poore M, Ching-Jones RW. Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agronomía Costarricense* 2003;27(1):79-89.
25. Pérez CR. Valor nutritivo del ensilaje de hollejo de cítrico para la alimentación de rumiantes. Informe final de investigación. Centro de Investigaciones en Bioalimentos. Morón, Ciego de Avila, Cuba. 2005.
26. Hardy C, Domínguez G, Gutiérrez A. Conservación de pastos y forrajes. En: Los pastos en Cuba. Tomo I. EDICA. La Habana, Cuba. 1986:607-647.
27. Ojeda F, Arece J, Cáceres O. Utilización de los hollejos de cítrico ensilados o deshidratados como suplemento de ovinos en crecimiento alimentados con morera (*Morus alba*). *Pastos y Forrajes* 2003;26(3):231-235.
28. Itavo LC, dos-Santos G, Cabreira C, Vinhas T, Bortolassi JR, Celeste C, et al. Aditivos na conservacao do bagaco de naranja in natura forma de silagem. *Rev Bras Zootec* 2000;29(5):1474-1484.
29. González I, Barreras F, Esperance M, Vega J, Castillo R, Chongo L, et al. Formulaciones de mezclas a partir de la harina de cítrico deshidratada para la alimentación bovina. Nota técnica. *Pastos y Forrajes* 2003;26(2):159-162.