

Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical areas. Cuban experience

Principales métodos de procesamiento y conservación de alimentos alternativos en el trópico. Experiencia en Cuba

P. Lezcano, Mayuly Martínez, Arelys Vázquez and O. Pérez

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Email: plezcano@ica.co.cu

This study shows the main results achieved in recent years in processing and preserving alternative feeds for its conservation for months, in order to use them later, so as to avoid deficiencies in the feeding of domestic animals. It also analyzes the creation of a new alternative feed for pigs in silage shape, produced from a mixture of B molasses from sugar cane, tubers and roots, saccharomyces cream and vinasse from alcohol distilleries. The importance of this feed for tropical areas, where there is not an efficient production cereals, is valued, so that their partial or total substitution as an energy source results in economic and environmental benefits. This study may contribute to spread the results and to increase the efficiency of pork production in tropical areas.

Key words: non-conventional feeding, pigs, products, by-products, residues

Se reseñan los principales resultados alcanzados en los últimos años en el procesamiento y preservación de alimentos alternativos para su conservación durante meses para ser utilizados posteriormente, de modo que se eviten carencias en la alimentación de los animales domésticos. También se analiza la creación de un nuevo alimento alternativo para cerdos en forma ensilada, elaborado a partir de una mezcla de miel B de caña de azúcar, tubérculos y raíces, crema saccharomyces y vinaza, procedentes de destilerías de alcohol. Se valora la importancia que tiene este alimento para el área tropical, que no es generalmente una productora eficiente de cereales, por lo que la sustitución parcial o total de estos como fuente de energía redundaría en beneficios económicos y ambientales. Este trabajo puede contribuir a divulgar los resultados obtenidos y puede contribuir a hacer muy eficiente la producción de carne de cerdo en el trópico.

Palabras clave: alimentación no convencional, cerdos, productos, subproductos y residuales.

INTRODUCTION

According to FAO (2009), the population will increase by 2050 up to 9,500 million inhabitants. Competition for food between man and animals will increase and, on the other hand, the negative impact of climate change to make efficient production of cereals will increase.

This situation promotes the searching of scientific solutions in tropical and subtropical areas, where most of developing countries are located. It is necessary to increase agricultural yields, the search for new food, the efficient use of them to achieve a better living standard for the population of these countries. At the same time, these alternative feeds, usually when they are extracted from the land, if they are not quickly used, they tend to decompose, causing significant losses for any producer.

It is known that conventional feeding systems for monogastrics are based on the use of grains, mainly maize and soybean, which are also used for human feeding and in the production of agrofuels (ethanol and biodiesel). The National Research Council (NRC 2012), approximately every four years, issues new tables on the nutritional requirements of pigs. Another important example is the Brazilian recommendations for pigs and poultry, published by Santiago *et al.* (2011), based on

INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2009), la población se incrementará para el 2050 hasta 9500 millones de habitantes. Se acentuará la competencia por los alimentos entre el hombre y los animales, y por otra parte se incrementa la incidencia negativa del cambio climático para hacer la producción eficiente de cereales.

La situación anterior invita a buscar soluciones científicas en el área tropical y subtropical donde están ubicados la mayoría de los países en vías en desarrollo. Es necesario incrementar los rendimientos agrícolas, la búsqueda de nuevos alimentos, el aprovechamiento eficiente de estos para alcanzar un mejor nivel de vida para la población de estos países. Al mismo tiempo, estos alimentos también llamados alternativos, generalmente cuando se extraen de la tierra sino se emplean rápidamente tienden a descomponerse, provocando pérdidas importantes para cualquier productor.

Se conoce que los sistemas convencionales de alimentación para monogástricos se sustentan en la utilización de granos, fundamentalmente maíz y soya, que también se emplean en la alimentación humana y en la fabricación de agrocombustibles (etanol y biodiesel). Basta comentar que el National Research Council (NRC 2012), cada cuatro años, aproximadamente, emite nuevas tablas sobre los requerimientos nutricionales de los

73 doctoral and master theses.

In this sense, it should be noted that, as a result of genetic selection, the quality of the facilities and the management of nutritional requirements, there is a production of leaner pigs nowadays. All this, together with animal welfare, allows to reach high efficiency in all productive indicators. From this perspective, the objective of this article is to show the results achieved in recent years with alternative foods processed and preserved by different methods, with potential in tropical areas and compare them with conventional feeds. In addition, this study tries to analyze the achieved economic benefit.

GENERAL CHARACTERISTICS OF ALTERNATIVE FEEDS IN TROPICAL AREAS

In tropical areas, where maize and soybean production is not efficient, a wide range of feeds, by-products and viable residues are identified to replace conventional feeds. Sugarcane and its derivatives, tubers and roots, grasses and legumes foliage meals, as well as other industrial and agricultural by-products, stand out among the numerous researches published in the last 50 years (Buitrago 1990, Figueroa and Ly 1990, Figueroa 1995, Lezcano and Mora 2005, Valdivié and Bernal 2010, Almaguel *et al.* 2011 and Castro and Martínez 2015).

When comparing both systems, conventional feeding can be applied in the small, medium and high scale, without any difficulty because it is easy to work with dry feeds and a suitable mechanization. On the other hand, unconventional feed is typical of small and medium producers because of the different physical forms that food can present (table 1).

In Cuba, several non-conventional feeding systems have been used since the 60s and 70s of last century. However, due to several reasons, including economics, they have not been able to be maintained on a large scale, like in the case of industrial protein molasses, based on a mixture of torula cream and B molasses, commercially applied in a system for 100,000 growing-fattening animals (Cervantes *et al.*

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 51, Number 1, 2017.

cerdos. Otro ejemplo importante son las recomendaciones brasileñas para cerdos y aves, publicadas por Santiago *et al.* (2011), basadas en 73 tesis de doctorado y de maestría.

En este sentido resulta oportuno señalar que, debido a la selección genética, la calidad de las instalaciones y el manejo de los requerimientos nutricionales, hoy se producen cerdos más magros. Esto, unido al bienestar en los animales, permite alcanzar alta eficiencia en todos los indicadores productivos. Desde esta perspectiva, este artículo tiene como objetivo mostrar los resultados alcanzados en los últimos años con los alimentos alternativos procesados y conservados por diferentes métodos, con potencialidades en el trópico y compararlos con los alimentos convencionales. Además, se pretende analizar el beneficio económico logrado.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ALIMENTOS ALTERNATIVOS EN EL TRÓPICO

En las zonas tropicales, donde la producción de maíz y soya no resulta eficiente, se identifica una amplia gama de alimentos, subproductos y residuos factibles para sustituir los alimentos convencionales. La caña de azúcar y sus derivados, los tubérculos y raíces, harinas de follajes de gramíneas y leguminosas, así como otros subproductos industriales y agrícolas, sobresalen entre las numerosas investigaciones publicadas en los últimos 50 años (Buitrago 1990, Figueroa y Ly 1990, Figueroa 1995, Lezcano y Mora 2005, Valdivié y Bernal 2010, Almaguel *et al.* 2011 y Castro y Martínez 2015).

Cuando se comparan ambos sistemas, la alimentación convencional se puede aplicar en la pequeña, mediana y alta escala, sin dificultad por resultar fácil trabajar con alimentos secos y una adecuada mecanización; mientras que la alimentación no convencional es propia de los pequeños y medianos productores por las diferentes formas físicas que pueden presentar los alimentos (tabla 1).

En Cuba, se han empleado varios sistemas de alimentación no convencional desde la década del 60 y 70 del siglo pasado. Sin embargo, por diversas razones, entre ellas la económica no han podido mantenerse a gran escala, como es el caso de la miel proteica industrial, basada en una mezcla de crema torula y miel B, aplicada

Table 1. Main characteristics of different types of food

Conventional feeds	Alternative feeds
They have a stable chemical composition and easy to preserve.	Due to their high content of water, they decompose very fast if they are not treated.
They are less viable to produce in tropical areas as animal feed due to their low agricultural yields.	They can reach high agricultural yields with less inputs compared to conventional feeds (sugar cane and its derivatives, tubers and roots, protein forages and by-products in general).
High contribution of protein, energy, vitamins and minerals.	High contribution of energy and very low or null contribution of protein.
Low contribution of fiber in general.	Provide high levels of fiber (sugar cane, royal palm fruit, and forages) or low levels (tubers and roots).
Generate great dependence of international market.	When they are processed, they can create food independence, although they need more work than conventional feeds.

1984 and Figueroa 1987).

This technology consisted of a mixture of 70 % of torula cream, 30 % of B molasses (36-38 % DM) and 16 % of crude protein on dry basis. It guaranteed the energy and protein needs of a growing-fattening pig, and only needed to add a mineral-vitamin premix to adjust the formula for daily intake.

One of the main negative aspects of this technology was its rapid decomposition, after 72 hours of manufacturing, which is associated with being a liquid food.

Another very used technology in Cuba during the last century for pig fattening was composed by a mixture of processed wastes, mainly from Cuban cuisine, and B molasses, which was called finished liquid feed. This system, like all previous ones, was liquid, and after 72 h it began to decompose and the animals rejected their intake (Figueroa *et al.* 1993).

Another reason, not less important in non-conventional feed, is economical, mainly for small producers. This is related to in recent years, with the rise in prices of energy and protein grains, which causes many producers to stop producing pork through this way in tropical areas.

MAIN METHODS OF PROCESSING AND PRESERVING ALTERNATIVE FEEDS

An important characteristic of conventional feeds is that, after being harvested and treated, they have approximately 90 % dry matter, a quality that guarantees their preservation in silos for months. They also allow the use of other attachments or equipment, like sacks or tanks, to be ground or crumbled when necessary.

The first method used in Cuba for preserving alternative foods with a lot of water is drying under the sun or by artificial methods, in which renewable and nonrenewable energy can be used for this purpose.

Sun drying, which have been the most used method at national level, is mainly used during dry season, between November and April. For example, the method applied by Muñoz *et al.*(1987), called SOLICANA, which consisted on sun drying of ground integral sugar cane for the production of feed for ruminants. Other methods were used by Lamazares *et al.* (1988), drying clean stems of straw and buds as energy feed for pigs, and by Elías *et al.*(1990), who processed raw saccharina. In coffee production areas, it is also applied on a daily basis for drying coffee over a cement surface. Likewise, it is used in the production of hay bales for their use, mainly in winter, as bed or feed for ruminants. Other energy sources like cassava and sweet potato (*Manihot esculenta* and *Ipomoea batatas*) have also been processed with this method in order to reduce humidity content and concentrate the highest amount

comercialmente en un sistema para 100000 animales en crecimiento-ceba (Cervantes *et al.* 1984 y Figueroa 1987).

Esta tecnología consistía en una mezcla de 70 % de crema torula, 30 % de miel B (36-38 % MS) y 16 % de proteína bruta en base seca. Garantizaba las necesidades de energía y proteína de un cerdo en crecimiento ceba, y solo faltaba adicionar una premezcla minero-vitamínico para ajustar la fórmula de consumo diario.

Uno de los principales inconvenientes de esta tecnología fue su rápida descomposición, al sobrepasar las 72 horas después de fabricada, lo que se asocia a que es un alimento líquido.

Otra tecnología muy aplicada en Cuba en el siglo pasado para la ceba porcina estuvo conformada por una mezcla de desperdicios procesados, procedentes fundamentalmente de la cocina cubana y de miel B, que recibió el nombre de pienso líquido terminado (PLT). Este sistema, al igual que todos los anteriores era líquido, y pasadas las 72 h se comenzaba a descomponer y los animales rechazaban su consumo (Figueroa *et al.* 1993).

Otra razón, no menos importante en la alimentación no convencional, es la económica, fundamentalmente para los pequeños productores. Esto tiene que ver en los últimos años con el alza de los precios de los granos energéticos y proteicos, lo que provoca que muchos productores desistan de producir carne de cerdo por esta vía en el área tropical.

PRINCIPALES MÉTODOS DE PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS ALTERNATIVOS

Una cualidad importante que poseen los alimentos convencionales es que, después de cosechados y tratados, poseen aproximadamente 90 % de materia seca, cualidad que garantiza su conservación en silos durante meses. Permiten también el uso de otros aditamentos o equipos, como sacos o tanques, para ser molidos o desmenuzados cuando sea necesario.

El primer método utilizado en Cuba para preservar los alimentos alternativos que poseen mucha agua es el secado al sol o por medios artificiales, en los que se puede emplear energía no renovable o renovable para lograr este fin.

El secado al sol, que ha sido el método más utilizado nacionalmente, se aprovecha principalmente en la época seca, que comprende entre noviembre y abril. Se puede citar como ejemplo el método aplicado por Muñoz *et al.*(1987), llamado SOLICANA, que consistió en secado al sol de la caña integral molida para la elaboración de piensos para rumiantes. También fue el empleado por Lamazares *et al.* (1988), al secar tallos limpios de paja y cogollo como alimento energético para cerdos y el utilizado por Elías *et al.*(1990) al procesar la saccharina rústica. En las zonas cafetaleras también se aplica de manera rutinaria para el secado del café en superficie de cemento. Asimismo, se usa en la fabricación de pacas de heno para ser empleadas, fundamentalmente en invierno, como camas o alimento para rumiantes. Otras fuentes de energía como la yuca y el

of proteins in these crops. Other protein foliages, like moringa, mulberry and tithonia, have been processed with this same objective, in cement or asphalt plates (Mesa 2017).

Sugar cane meals or raw saccharina demonstrated the feasibility of its use up to 30 % in the ration for prefattening pigs, as a substitution of energy grains by sugar cane meal and protein and energy grains, with the inclusion of saccharina in the ration (table 2).

boniato (*Manihot esculenta* e *Ipomoea batatas*) también han sido procesadas mediante este método para lograr reducir el contenido de humedad y concentrar la mayor cantidad de proteína en estos cultivos. Otros follajes proteicos, como la moringa, la morera, la tithonia, se han procesado con este objetivo en platos de asfalto o cemento (Mesa 2017).

Las harinas de caña o saccharina rústica demostraron que era factible su empleo hasta 30 % en la ración de las precebas porcinas, como sustitución de granos energéticos por la harina de caña y granos energéticos y proteicos al incluir la saccharina en la ración (tabla 2).

Table 2. Chemical composition of sugar cane and raw saccharina in meal shape

Indicators (%)	Sugar cane meal	Raw saccharina
Dry matter	90.1	89.5
Crude protein (N x 6.25)	2.4	11.1
Ash	4.0	4.6
Crude fiber	26.0	26.5
Total sugars	66.0	-
Fiber composition, %		-
Lignin	4.0	-
Cellulose	50.5	-
Hemicellulose	50.0	-

Other well known processing methods, which are also preserved during the time, are pellets and extrusion, tending to remove pathogenic microorganisms and improve intake and digestibility of nutrients, but these are more expensive techniques and are generally used in young animals like piglets, broilers and rabbits.

Ensiled food, also known as silages, is a traditional forage preservation technique for ruminants. It is known since many years and it is achieved by the spontaneous lactic fermentation under anaerobic conditions and in the solid state. Epiphytic lactic-acid bacteria, abundant in solid support, ferment water soluble carbohydrates of forage and produce lactic acid and, in a lesser extent, acetic acid. With the generation of these acids, pH of ensiled material decreases to levels between 4.0-4.2, which inhibits the presence of microorganisms that induce putrefaction. Once the fresh material is stored, compacted and covered to release the air, it is prepared to be used later, between 45 and 60 days, in ruminants (Wong 2001, Sosa *et al.* 2005 and Filippi 2011).

Cassava also ensiled by the traditional method, covered with polyethylene in bunker silos, has been used by different authors with good results in growing pigs and fattening rabbits (Silva *et al.* 2008 and Oliveira *et al.* 2011). In addition, cassava silage, manually produced by Cuban farmers, has been successfully used in pig feeding systems since a decade ago (Almaguel *et al.* 2011 and Lezcano *et al.* 2014).

Otros métodos de procesamiento muy conocidos, y que también se conservan en el tiempo, son el peletizado y la extrusión, que tienden a eliminar microorganismos patógenos y mejoran el consumo y digestibilidad de los nutrientes, pero son técnicas más costosas que generalmente se emplean en animales jóvenes, como lechones, pollitos de ceba y conejos.

El ensilado, también conocido por ensilaje, es una técnica tradicional de preservación de forrajes para animales rumiantes. Se conoce desde hace muchos años y se logra por medio de una fermentación láctica espontánea en condiciones anaeróbicas y en estado sólido. Las bacterias ácido-lácticas epifíticas, predominantes en el soporte sólido, fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje y producen ácido láctico y, en menor, cantidad ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a niveles entre 4.0 y 4.2, lo que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco se almacena, compacta y se cubre para excluir el aire, queda preparado para ser empleado luego de 45 a 60 días en animales rumiantes (Wong 2001, Sosa *et al.* 2005 y Filippi 2011).

También la yuca ensilada por el método tradicional, tapada con polietileno en silos bunker, ha sido empleada por diferentes autores con buenos resultados en cerdos en crecimiento y conejos en ceba (Silva *et al.* 2008 y Oliveira *et al.* 2011). Además, el ensilado de yuca producido de forma artesanal por los campesinos cubanos se utiliza satisfactoriamente en los sistemas de alimentación porcina desde hace una década (Almaguel

Fish residues can be also preserved through the silage technique for its use in animal production, mainly for aquaculture. In this case, it is similar. There is a process of solid state fermentation and chemical or biological silos, with high protein value, are commonly produced after 30 or more days. The difference among silos is mainly found in the initial mixture of raw matters or substrates and their subsequent transformation process. In the first, for example, inorganic and/or organic acids (like sulfuric acid and formic acid), with high cost in the international market, may be used. In the second, inocula or microbial cultures are used, which are starters that propitiate or accelerate the fermentative process (de Lurdes *et al.* 1998 and Llanes *et al.* 2011).

From these antecedents, and due to the need of tropical areas of seeking new feeds and their possible transformation, this ensiled food was created, mainly destined to monogastric animals. This feed includes a mixture of B molasses of sugar cane, tubers and roots, saccharomyces cream and vinasse, from alcohol distilleries (Lezcano *et al.* 2015).

CUBAN ENSILED FOOD (CEF) AS A VIABLE, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY FOR PIG PRODUCTION

This technology consisted on generating a procedure to obtain a new feed from alternative sources for animal production. This procedure is simple and includes three main steps. The first step is grinding the root of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) or sweet potato tuber (*Ipomoea batatas*), the second is preparing a homogeneous mixture of all the raw matters and the last is ensiling this mixture at room temperature for five days. For this purpose, cassava or sweet potato should be free of impurities and, in the case of sweet potato, without sweetpotato weevil (*Cylas formicarius elegantulus*). Both are ground to a particle size of 4 ± 2 mm, to guarantee a higher contact surface and facilitate the mixture with the rest of raw matters, which is a process that lasts from 10 to 15 min. Later, this mixture is sent to fermentation tanks (Lezcano *et al.* 2015).

Out of the used feeds, several combinations may be performed. As in the case of B molasses with 75-80 °Brix, that can be used from 20 to 40 % in the mixture. Likewise, roots and tubers may be used in the same proportion in the mixture (from 20 to 40 %). Saccharomyces cream generally remains fix at 30 % and vinasse at 10%. Any combination will always sum 100 % for the total mixture (table 3). Apart from the fact that any of the previous variants can be used as ensiled food, its chemical composition varies in some indicators, according to studies conducted by García *et al.* (2015) for this feed (table 4).

Dry matter increases with the rise of the level of B

et al. 2011 y Lezcano *et al.* 2014).

Los residuos pesqueros también se pueden conservar mediante la técnica de ensilaje para su uso en la producción animal, principalmente para la acuicultura. En este caso, la forma es similar. Ocurre un proceso de fermentación en estado sólido y comúnmente se producen silos químicos o biológicos con alto valor proteico, después de transcurridos 30 días o más. La diferencia entre silos se fundamenta en la mezcla inicial de materias primas o sustratos y su consecuente proceso de transformación. En los primeros, por ejemplo, se pueden emplear ácidos inorgánicos y/o orgánicos (como ácido sulfúrico y ácido fórmico), de alto costo en el mercado internacional. En los segundos, se usan inóculos o cultivos microbianos, iniciadores que propician o aceleran el proceso fermentativo (de Lurdes *et al.* 1998 y Llanes *et al.* 2011).

A partir de estos antecedentes, y por la necesidad que tiene el mundo tropical de buscar nuevos alimentos y su posible transformación, se creó un nuevo alimento ensilado, destinado principalmente para animales monogástricos. Este alimento comprende una mezcla de miel B de caña de azúcar, tubérculos y raíces, crema saccharomyces y vinaza, procedente de las destilerías de alcohol (Lezcano *et al.* 2015).

ALIMENTO ENSILADO CUBANO (AEC) UNA TECNOLOGÍA VIABLE, ECÓNOMICA Y AMBIENTAL PARA LA PRODUCCIÓN PORCINA.

Esta tecnología consistió en generar un procedimiento para la obtención de un nuevo alimento, a partir de fuentes alternativas para producción animal. El procedimiento es sencillo y consta de tres pasos fundamentales: moler la raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) o tubérculo de boniato (*Ipomoea batatas*), mezclar homogéneamente todas las materias primas y ensilar esta mezcla a temperatura ambiente durante cinco días. Para esto, la yuca o el boniato deben estar libres de impurezas y, en el caso del boniato, sin infestación por Tetuán (*Cylas formicarius elegantulus*). Ambos se muelen a tamaño de partículas 4 ± 2 mm para garantizar mayor superficie de contacto y facilitar el mezclado con el resto de las materias primas, proceso que dura de 10-15 min. Posteriormente se envía a los tanques de fermentación (Lezcano *et al.* 2015).

De los alimentos utilizados, se pueden hacer varias combinaciones. Como es el caso de la miel B con 75-80 °Brix, que puede usarse de 20 a 40 % en la mezcla. Asimismo, se pueden usar las raíces o tubérculos, igualmente de 20 a 40 % en la mezcla. La crema saccharomyces generalmente permanece fija al 30 % y la vinaza al 10 %. Cualquier combinación realizada siempre sumará el 100 % para la mezcla total (tabla 3). Independientemente de que cualquiera de las variantes anteriores se pueda emplear como alimento ensilado, su composición química varía en algunos indicadores, según los estudios realizados por García *et al.* (2015) para este alimento (tabla 4).

Table 3. Main evaluated variants

Ingredients	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Ground sweet potato	40.0	30.0	20.0
B molasses of sugar cane	20.0	30.0	40.0
Saccharomyces cream	30.0	30.0	30.0
Vinasse from alcohol distilleries	10.0	10.0	10.0
Total	100.0	100.0	100.0

Table 4. Chemical composition of variants 1, 2 and 3

Indicators	Variant 1	Variant 2	Variant 3	SE and Sign.
Dry matter, % DB	33.75 ^a	37.60 ^b	43.29 ^c	0.65 p=0.0001
Ashes, %	11.17	11.59	11.18	0.23 p=0.41
Crude protein, % DB	9.66	10.01	8.35	0.40 p=0.06
Crude fiber, % DB	2.21 ^b	1.29 ^a	1.20 ^a	0.22 p=0.03
pH	3.78 ^a	3.94 ^b	4.19 ^c	0,02 p=0.0001
°Brix	21.0	25.0	29.0	2.58 p=0.17

^{a,b,c} Values with different letters in each line differ at P<0.05 (Duncan 1955)

molasses and decreases the sweet potato, because this last provides only 25 % of dry matter and B molasses 75 %. Ash and crude protein have no significant differences, and although crude fiber differs, the values are very low and do not affect digestibility and use of nutrients provided by the silage.

It is interesting to mention that with the increase of B molasses and the decrease of sweet potato, the pH increases. This enables animals to increase their voluntary intake, which has been confirmed in observation tests, because the nationally applied variant is 1, due to the saving of molasses destined to alcohol production.

Saccharomyces cerevisiae cream is a protein by-product of low energy content, which if an unappropriated use, may become an environmental pollutant. Therefore, its use for feeding contributes to diminish these effects. Its combination with sugar cane molasses and other sources has been studied in pigs by several authors (Lezcano 1976, Almazán *et al.* 1982, Figueroa 1995, Pazo *et al.* 2012). Vinasse, another ingredient used in the obtaining of this ensiled food, is generated as a residue of alcohol and aguardiente production from the fermentation of sugar cane molasses in Cuba. This industrial waste is characterized by its high content of organic acids, which gives a pH between 3.5 and 4.0, with around 93 % of water, 2 % of inorganic compounds (potassium, calcium, sulfates, chlorides, nitrogen, phosphorus), 5% of organic compounds and a chemical oxygen demand (COD) between 60 and

La materia seca se incrementa en la medida que aumenta el nivel de miel B y disminuye el boniato, ya que este último aporta solo 25 % de materia seca y la miel B 75.0 %. La ceniza y la proteína bruta no difieren significativamente, y aunque la fibra bruta sí difiere, los valores son tan bajos que no afectan la digestibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes que aporta el ensilado.

Interesante resulta que a medida que se incrementa la miel B y se reduce el boniato, el pH aumenta. Esto permite que los animales incrementen el consumo voluntario, lo que ha sido constatado en pruebas de observación, ya que la variante que se aplica nacionalmente es la I, por la simple razón de ahorrar miel destinada a la producción de alcohol.

La crema *Saccharomyces cerevisiae* es un subproducto proteico de bajo contenido energético, que si no se le da un uso adecuado puede constituir un contaminante del medio ambiente. Por ello, su utilización en la alimentación contribuye a atenuar estos efectos. Su combinación con mieles de caña y otras fuentes se estudió en la especie porcina por varios autores (Lezcano 1976, Almazán *et al.* 1982, Figueroa 1995, Pazo *et al.* 2012). La vinaza, otro de los ingredientes que se utilizan en la obtención del alimento ensilado, se genera como residual en la producción de alcoholes y aguardientes a partir de la fermentación de las mieles de caña de azúcar en Cuba. Este desecho industrial se caracteriza por su alto contenido de ácidos orgánicos, que le confiere un pH entre 3.5 y 4.0, con aproximadamente 93 % de agua, 2 % de compuestos inorgánicos (potasio, calcio, sulfatos, cloruros, nitrógeno, fósforo), 5 % de orgánicos y una demanda química de

80 kg/m³ (Lezcano and Mora 2005 and Pérez *et al.* 2008). Due to these characteristics, it is considered as a very aggressive liquid waste that provokes serious environmental damages.

Its treatment is very complex but, with the presence of several compounds of interest, there is a search of different alternatives of reutilization, as alternative animal food, food additive and fertilizer in crops (Sarria and Serrano 2008, Hidalgo *et al.* 2012 and Mora *et al.* 2013).

CEF technology can be applied to small, medium and large scale and it has gained credibility. The building of the first industrial plant was authorized, with capacity for producing 45 t/8 h in the sugar cane factory Héctor Molina, San Nicolás de Bari municipality, Mayabeque province. This facility allowed to perform several basic and animal performance tests in growing-fattening pigs. These tests were performed in research centers and production units from Mayabeque and Havana provinces, where daily gains between 700 and 850 g/d were reached with the substitution of up to 66 % of maize in the ration.

It is important to state that daily mean gains and reported food conversion are comparable to those achieved with conventional diets, considering that these pigs were raised under collective conditions, at a rate of 8 animals/pen.

This study was completed with the study of carcasses and chemical composition of meat. There were no differences in this case regarding to traditional diet composition.

Regarding sanitary quality of ensiled food, there were microbiological analysis conducted to several lots of ensiled food, from samples taken in different moments of the production process (table 5). These analyses were conducted at the Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) for several months, which confirms its use in large amounts of animals, without risking human population. Innocuity of this food was confirmed by the Instituto Nacional de Veterinaria, after comparing its results with those obtained with samples of commercial feed.

Another consideration has to do with differences among traditional silages, created in tempered countries, using grasses for ruminants, and forages anaerobically

oxígeno (DQO) entre 60 y 80 kg/m³ (Lezcano y Mora 2005 y Pérez *et al.* 2008). Debido a estas características se considera un desecho líquido muy agresivo, que provoca serios problemas ambientales donde se vierte.

Su tratamiento es complejo, lo que unido a la presencia de numerosos compuestos de interés, ha llevado a la búsqueda de diferentes alternativas de reutilización, como pueden ser el alimento animal alternativo, aditivo alimentario y fertilizante en los cultivos agrícolas (Sarria y Serrano 2008, Hidalgo *et al.* 2012 y Mora *et al.* 2013).

La tecnología del AEC se puede aplicar en la pequeña, mediana y alta escala. Ha ganado credibilidad y se autorizó la construcción de una primera planta industrial con capacidad para producir 45 t/8 h en el central Héctor Molina, Municipio San Nicolás de Bari, provincia Mayabeque. Esto permitió realizar varias pruebas básicas y de comportamiento animal en cerdos en crecimiento-ceba. Estas pruebas se ejecutaron en centros de investigación y unidades de producción de las provincias Mayabeque y Habana, donde se lograron alcanzar ganancias diarias entre 700 y 850 g/d cuando se sustituyó hasta 66 % del maíz en la ración.

También se debe destacar que las ganancias medias diarias y las conversiones alimentarias informadas son comparables a las logradas con dietas convencionales, si se considera que estos cerdos fueron criados en condiciones colectivas, a razón de 8 animales/corral.

Este trabajo se completó al estudiar las canales y la composición química de la carne. No se encontraron en este caso diferencias con respecto a la composición en dietas tradicionales.

En cuanto a la calidad sanitaria del alimento ensilado, se pueden destacar los análisis microbiológicos ejecutados a varios lotes de ensilado, a partir de muestras tomadas en diferentes momentos del proceso de producción (tabla 5). Estos análisis se realizaron en el Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) durante varios meses, lo que consolida su empleo en grandes cantidades de animales, sin riesgo para la población humana. La inocuidad de este alimento se comprobó por el Instituto Nacional de Veterinaria, al comparar sus resultados con los obtenidos con muestras de pienso comercial.

Otra consideración tiene que ver con las diferencias que existen entre los ensilajes tradicionales, creados

Tabla 5. Results of microbiological analysis of ensiled food

Batch	Total bacteria counting, CFU/g	Coliform, CFU /g	Total fungi counting, CFU /g	Salmonella
Batch 1	5.0 x 10 ⁴	10 ²	2.0 x 10 ³	Negative at 25 g
Batch 2	4.0 x 10 ⁴	10 ²	2.5 x 10 ³	Negative at 25 g
Batch 3	5.0 x 10 ⁴	10 ²	2.0 x 10 ³	Negative at 25 g
Batch 4	2.1 x 10 ⁵	10 ²	1.4 x 10 ³	Negative at 25 g
Batch 5	2.0 x 10 ⁴	10 ²	2.4 x 10 ³	Negative at 25 g
Batch 6	4.0 x 10 ⁴	10 ²	2.4 x 10 ³	Negative at 25 g

ensiled in solid state. These last produce high levels of VFA and lactic acid, without adding acids. This process needs from 45 to 60 days to be used in animals. This technology has gained strength in tropical countries before food scarcity in dry season (Rodríguez *et al.* 1999).

From previous results, Ministerio de Economía y Planificación (MEP) authorized the construction of 10 new industrial plants, next to sugar cane factories with alcohol distilleries, so the ensiled food may be applied in thousands of animals all over the country.

Recently, the Cuban Ensiled Food (CEF) obtained the category of patent through the resolution 2013-0122 (Lezcano *et al.* 2016). This product represents the Cuban experience in providing a new method of transformation and preservation of alternative foods.

The achieved liquid ensiled food shows the following advantages:

1. Easy to produce at small, medium and large scale
2. Long time of conservation after production.
3. Sanitary quality of the created product, in which there are no microorganisms like *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Treponema* and *Coccidia*.
4. Use of residues, products and by-products that are not fit for human consumption.
5. Technology that can be implemented in all the tropical area.
6. Economically viable for meat production.
7. pH in liquid silages is produced by organic acids provided by vinasse.

CONCLUSIONS

There are feasible and effective methods for processing alternative foods in tropical areas. They can be performed at small, medium and large scale, so they can be conserved and used efficiently in animal feeding.

en países templados basados en pastos para animales rumiantes, y los forrajes ensilados anaeróbicamente en estado sólido. Estos últimos producen altos niveles de AGV y ácido láctico, sin necesidad de adicionar ácidos. Este proceso necesita de 45-60 días para poder utilizarse en los animales. Dicha tecnología ha ganado fuerza en los países tropicales ante la escasez de alimento en la época de seca. (Rodríguez *et al.* 1999).

A partir de los resultados anteriores, el Ministerio de Economía y Planificación (MEP) autorizó la construcción de 10 nuevas plantas industriales, anexas a centrales azucareros que disponen de destilerías de alcohol, de modo que el alimento ensilado se pueda aplicar en miles de animales en todo el país.

Recientemente, al Alimento Ensilado Cubano (AEC) se le otorgó la categoría de patente mediante la resolución 2013-0122 (Lezcano *et al.* 2016). Este producto representa la experiencia cubana en el aporte a un nuevo método de transformación y preservación de los alimentos alternativos.

El ensilado líquido que se ha logrado, presenta las siguientes ventajas:

1. Fácil de producir en la pequeña, mediana y alta escala.
2. Tiempo de conservación prolongado después de producido.
3. Calidad sanitaria del producto creado, en el que no proliferan microorganismos como la *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Treponema* y *Coccidia*.
4. Aprovechamiento de residuales y de productos y subproductos no aptos para el consumo humano
5. Tecnología que se puede ejecutar en toda la zona tropical.
6. Viable económicamente para producir carne.
7. El pH en los ensilajes líquidos, lo producen los ácidos orgánicos que aporta la vinaza que se adiciona.

CONCLUSIONES

Existen métodos factibles y eficaces para el procesamiento de alimentos alternativos en el trópico. Se pueden realizar a pequeña, mediana y gran escala, de modo que se puedan conservar y emplear eficientemente en la alimentación animal.

REFERENCES

- Almaguel, R. E., Piloto, J. L., Cruz, E., Mederos, C. M. Y. & Ly, J. 2011. "Utilización del ensilaje artesanal de yuca como fuente energética en dietas para cerdos de engorde". *Livestock Research for Rural Development*, 23(1), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd23/1/alma23001.htm>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Almazán, O., Klibansky, M. & Otero, M. A. 1982. Producción de proteína unicelular a partir de subproductos de la industria azucarera. La Habana, Cuba: Científico-Técnica, 74 p.
- Buitrago, J. A. 1990. The use of cassava in animal feeding. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 446 p.
- Castro, M. & Martínez, M. 2015. "La alimentación porcina con productos no tradicionales: cincuenta años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(2): 189–196, ISSN: 2079-3480.
- Cervantes, A., Maylin, A. & Ly, J. 1984. "Utilización de distintos tipos de mieles de caña suplementadas con levadura torula en crema para cerdos en ceba". *Cien. Tec. Agric. Ganado Porcino*, 7(1): 21–36.
- de Lurdes, M., Dapkevičius, E., Batista, I., Nout, M. J. R., Rombouts, F. M. & Houben, J. H. 1998. "Lipid and protein changes during the ensilage of blue whiting (*Micromesistius poutassou* Risso) by acid and biological methods". *Food Chemistry*, 63(1): 97–102, ISSN: 0308-8146, DOI: 10.1016/S0308-8146(97)00156-8.

- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Elías, A., Lezcano, O., Lezcano, P., Cordero, J. & Quintana, L. 1990. "Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina)". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 24(1): 1–12, ISSN: 2079-3480.
- FAO 2009. *Cómo alimentar al mundo en 2050*. Roma, Italia: FAO, 28 p., Available: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/C%C3%B3mo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf>, [Consulted: April 2, 2017].
- Figueroa, V. 1987. "Sistemas de alimentación basados en mieles de caña para la alimentación animal". In: *Taller Fundación Internacional para la Ciencia*, Camagüey, Cuba.
- Figueroa, V. 1995. "La suplementación proteica en las dietas no convencionales para cerdos". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 2(3): 11–27, ISSN: 1026-9053.
- Figueroa, V., García, A. & Alemán, E. 1993. "Evaluación del potencial de desperdicios procesados en la ceba de cerdos". *Livestock Research for Rural Development*, 5(2), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.lrrd.org/lrrd5/2/vilda.htm>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Figueroa, V. & Ly, J. 1990. *Alimentación porcina no convencional*. PNUD, 215 p., Colección GEPLACEA, Available: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DO2006103927>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Filippi, R. 2011. *Conceptos básicos en la elaboración de ensilajes*. Chile: Universidad de la Frontera, 95 p., Available: <http://praderasypasturas.com/files/menu/catedras/produccion_de_leche/2011/05_Elaboracion_de_Ensilaje.pdf>, [Consulted: April 2, 2017].
- García, H. Y., Sosa, D., Boucourt, R. & Scull, I. 2015. "Caracterización química de un alimento ensilado para cerdos. Nota técnica". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(1): 91–92, ISSN: 2079-3480.
- Hidalgo, K., Lezcano, P. & Hernández, L. E. 2012. "Evaluation of vinasses from distillery as additive in piglets". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(2): 104–107, ISSN: 1026-9053.
- Lamazares, E., Lezcano, P., Elías, A. & Valdes, E. A. 1988. "Sustitución parcial de cereales por harina de caña de azúcar para precebas porcinas". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 22: 173–177, ISSN: 2079-3480.
- Lezcano, P. 1976. *Utilización de levaduras cubanas como suplementos proteicos en dietas a base de mieles en la alimentación porcina*. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Lezcano, P. P., Berto, D. A., Bicudo, S. J., Curcelli, F., Gonzáles, F. P. & Valdivie, N. M. I. 2014. "Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento". *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18: 41–47, ISSN: 0188-7890.
- Lezcano, P. & Mora, L. M. 2005. "Las vinazas de destilería de alcohol. Contaminación ambiental o tratamiento para evitarlo". In: *VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Monogástricos*, Guanare, Venezuela: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales 'Ezequiel Zamora', Available: <<http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/1457/actualidad/viii-encuentro-de-nutricion-y-produccion-de-monogastricos.html>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Lezcano, P., Vázquez, A., Bolaños, A., Piloto, J. L., Martínez, M. & Rodríguez, Y. 2015. "Ensilado de alimentos alternativos, de origen cubano, una alternativa técnica, económica y ambiental para la producción de carne de cerdo". *Cuban Journal of Agricultural science*, 49(1): 65–69, ISSN: 2079-3480.
- Lezcano, P., Vázquez, A., Rodríguez, A., Rodríguez, Y., Boucourt, R., Sosa, D., Fraga, Y. & Pérez, O. 2016. *Procedimiento de obtención de un alimento ensilado para la producción animal*. no. 2013-0122, Resolución 4155/2016.
- Llanes, J., Bórquez, A., Alcaino, J. & Toledo, J. 2011. "Composición físico-química y digestibilidad de los ensilajes de residuos pesqueros en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*)". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4): 417–422, ISSN: 2079-3480.
- Mesa, O. 2017. *Alimentación de pollitas de reemplazo y gallinas ponedoras con harinas de follaje de *Moringa oleifera**. M.Sc. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 50 p.
- Mora, L. M., Hidalgo, K., Vázquez, Y. & Olivares, H. R. 2013. "Utilización de vinazas de destilería concentrada en la alimentación de cerdo en ceba". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 20(4): 214–217, ISSN: 1026-9053.
- Muñoz, E., Michelena, J. B., González, R., Espinosa, J. L., Enríquez, A. V., Alfonso, F., González, R. & Fraga, C. 1987. *Solicaña, un nuevo producto de la caña de azúcar integral para la elaboración de piensos*. La Habana: Instituto de Ciencia Animal.
- NRC (National Research Council) 2012. *Nutrient Requirements of Swine*. 11th ed., Washington, D.C.: National Academies Press, 420 p., ISBN: 978-0-309-22423-9, Available: <<http://www.nap.edu/catalog/13298>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Oliveira, A. F. G., Scapinello, C., Martins, E. N., Jobim, C. C., Monteiro, A. C. & Figueira, J. L. 2011. "Efeito de dietas semi-simplificadas formuladas com subprodutos de mandioca ensilados ou não sobre o desempenho e características de carcaça de coelhos". *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33(1): 59–64, ISSN: 1807-8672.
- Pazo, A., Balbis, Y., Lezcano, P., Castro, M. & Ly, J. 2012. "Levadura *saccharomyces* y harina de yuca para cerdos en crecimiento y ceba. Rasgos de comportamiento". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(1): 28–32, ISSN: 1026-9053.
- Pérez, I., Garrido, N. & Ramil, M. 2008. "Tratamiento de efluentes de la industria alcoholera: ventajas y desventajas". *Ingeniería Química*, 455: 148–153, ISSN: 0210-2064.
- Rodríguez, N. M., Pereira, L. G. R., Rodrigues, J. A. S., Borges, I., Borges, A. L. C. C., Saliba, E. O. S. & Goncalves, L. C. 1999. "Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos". In: *Mannetje, L. 't. (ed.), FAO Electronic Conference on Tropical Silage*, Roma, Italia: FAO, pp. 129–132, ISBN: 92-5-104500-3.
- Santiago, H., Teixeira, L. F., Lopes, J., Cezar, P., de Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Soares, A., Toledo, S. L. & Frederico, R. 2011. *Tablas brasileñas para aves y cerdos: composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. Rostagno, H. S. (ed.), 3rd ed., Brasil: Universidad Federal de Viçosa, 259 p., Available: <<http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Espa%C3%B1ol.pdf>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Sarria, B. P. I. & Serrano, C. V. 2008. *Valor nutricional de la Vinaza. Generada en la Producción de Alcohol Carburante de*

- Caña de Azúcar. Colombia: Nacional Universidad Nacional de Colombia.
- Silva, M. A. A. da, Furlan, A. C., Moreira, I., Paiano, D., Scherer, C. & Martins, E. N. 2008. "Nutritional evaluation of cassava root silage with or without whole soybean for nursery piglets". *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(8): 1441–1449, ISSN: 1516-3598, DOI: 10.1590/S1516-35982008000800015.
- Sosa, J., Cortes, I., Beltrán, J., Cabrera, P., Arqueda, R., Conrado, G., Galeas, W. & Flores, C. 2005. *Alternativas nutricionales para época de seca. (ser. Conservación de Forrajes)*, Republica Dominicana: IDIAF.
- Valdivié, N. M. I. & Bernal, B. H. 2010. *Alimentación de aves, cerdos y conejos con yuca, batata, banano, arroz, caña, DDGS y amaranto*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León - EDICA, 230 p., ISBN: 978-607-433-441-8, Available: <<http://www.libreroonline.com/mexico/libros/76418/valdivie-navarro-manuel-isidoro-bernal-barragan-hugo/alimentacion-de-aves-cerdos-y-conejos-con-yuca-batata-banano-arroz-cana-ddgs-y-amaranto.html>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Wong, C. 2001. *El papel del ensilaje en la producción de rumiantes en los trópicos húmedos*. Malasia: Livestock Research Centre - Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI)., Available: <<http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s03.htm>>, [Consulted: April 2, 2017].

Received: February 2, 2017