

Effect of the harvest season on the chemical characteristics of the sugar beet pulp (*Beta vulgaris*) granulated. Technical note

Efecto de la época de cosecha en las características químicas de la pulpa de remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) granulada. Nota técnica

O.N. Arce¹, G. Alagón², L. Ródenas³, E. Martínez-Paredes³, V. J. Moya³, J.J. Pascual³ and C. Cervera³

¹Facultad de Ciencias Agrarias y Naturales, Universidad Técnica de Oruro, Av. 6 de Octubre 5715, Cas. Postal 49, Oruro, Bolivia

²Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. de la Cultura 733, Ap. Postal 921, Cusco, Perú

³Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera 14, Valencia 46071, España
Email: onarcec@hotmail.com

The chemical composition of granulated beet pulps, from the north and south of Spain, harvested in winter and summer, respectively, was characterized. The chemical composition and the content of fatty acids and amino acids of 12 samples of beet pulp were compared grouped according to their origin. The winter and summer pulps differed in the content of insoluble ash ($P < 0.05$), neutral detergent fiber ($P < 0.05$), soluble fiber in neutral detergent ($P < 0.01$) and starch ($P < 0.01$). The content of crude protein and amino acids was low, as well as that of fat, whose most representative fatty acids were linoleic, palmitic and oleic, and in any case showed differences between groups. The analysis of the main components showed that the fiber soluble in neutral detergent and the insoluble fibrous components (neutral detergent fiber and acid detergent fiber) explain 61.6 % of the variability in the beet pulp composition. It is concluded that beet pulp from the sugar industry in Spain is a by-product that provides high fiber content, soluble as insoluble, although it is important to typify the chemical nature of these fibrous components, given their variability according to origin.

Key words: *fatty acids, amino acids, insoluble fiber, soluble fiber, beet pulp*

The sugar beet (*Beta vulgaris*) belongs to the Quenopodiaceae family and is a species that contains a high sucrose concentration. It is commercially cultivated for the production of sugar and by-products that its extraction generates add 10 % to the value of the harvest (Habeeb *et al.* 2017). One of these wastes is beet pulp (BP), which is an important by-product widely used in animal feeding, especially if it is destined for ruminants and rabbits, where it can represent more than 20 or 10 % of the daily ration, respectively (Omer *et al.* 2013, Münnich *et al.* 2017 and Delgado *et al.* 2018). So that the BP can be used for animal feeding, the knowledge of its nutritional value is essential. Due to the characteristics of its chemical composition, BP is rich in cellulose, hemicellulose and pectin, and poor in lignin and protein (Foster *et al.* 2001), but the beet variety, the conditions of its cultivation and the extraction process of the sugar can

Se caracterizó la composición química de pulpas de remolacha granuladas, procedentes del norte y sur de España, cosechadas en invierno y verano, respectivamente. La composición química y el contenido de ácidos grasos y aminoácidos de 12 muestras de pulpa de remolacha se compararon agrupadas según su procedencia. Las pulpas de invierno y verano difirieron en el contenido en cenizas insolubles ($P < 0.05$), fibra detergente neutro ($P < 0.05$), fibra soluble en detergente neutro ($P < 0.01$) y almidón ($P < 0.01$). El contenido en proteína bruta y aminoácidos fue bajo, así como el de grasa, cuyos ácidos grasos más representativos fueron linoleico, palmítico y oleico, y en ningún caso mostraron diferencias entre grupos. El análisis de los componentes principales indicó que la fibra soluble en detergente neutro y los componentes fibrosos insolubles (fibra detergente neutro y fibra detergente ácido) explican 61.6 % de la variabilidad en la composición de la pulpa de remolacha. Se concluye que la pulpa de remolacha procedente de la industria azucarera de España es un subproducto que aporta alto contenido de fibras, solubles como insolubles, aunque es importante tipificar la naturaleza química de estos componentes fibrosos, dada su variabilidad según el origen.

Palabras clave: *Ácidos grasos, aminoácidos, fibra insoluble, fibra soluble, pulpa de remolacha*

La remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) pertenece a la familia de las Quenopodiáceas y es una especie que contiene una alta concentración de sacarosa. Se cultiva comercialmente para la producción de azúcar y los subproductos que genera su extracción agregan 10 % al valor de la cosecha (Habeeb *et al.* 2017). Uno de esos residuos es la pulpa de remolacha (PR), que constituye un importante subproducto ampliamente utilizado en la alimentación animal, especialmente si se destina a rumiantes y conejos, en los que puede representar más del 20 o 10 % de la ración diaria, respectivamente (Omer *et al.* 2013, Münnich *et al.* 2017 y Delgado *et al.* 2018). Para que la PR se pueda destinar a la alimentación animal, el conocimiento de su valor nutritivo es esencial. Por las características de su composición química, la PR es rica en celulosa, hemicelulosa y pectina, y pobre en lignina y proteína (Foster *et al.* 2001), pero la variedad de remolacha, las condiciones de su cultivo y el proceso de

modify its composition.

In Spain there are two beet producing areas, one in the north that is harvested in winter, and another in the south that is harvested in summer, in both areas are cultivated several varieties of beet and both include dry and irrigated crops. This crop occupied in the 2013/2014 campaign, 26605 ha in the north of the country, with a production of 2.135 million tons of beet harvested in winter, and 8662 hectares in the south, with 749.5 thousand tons in summer (MAPAMA 2018).

Due to there are important differences between the two production areas, which could influence on the chemical composition of the BP, the objective of this study was to characterize the chemical composition of the granulated pulps that are commercialized, from one and another area.

A total of 12 samples of granulated beet pulp, collected directly from the warehouses of the sugar producing plants were analyzed at the beginning and at the end of the beet campaign, by sampling in different points of the warehouse. The chemical analyzes were performed by the official methods of the AOAC (2016) for dry matter (DM), total ash (TA), crude protein (CP), crude protein linked to neutral detergent fiber (CPNDF), crude fat (CF), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDF), acid detergent fiber corrected by ash (ADF) and acid detergent lignin (ADL). The starch content (SCRIE) and soluble fiber in neutral detergent (SFND) were also determined by the method described by Martínez-Vallespin *et al.* (2011). The hemicellulose content was estimated by difference between NDF and ADF and cellulose, by difference between ADF and ADL. The insoluble ashes correspond to the insoluble waste of the total ashes treated with hydrochloric acid and nitric acid, washed with 1N hydrochloric acid and water and new calcination (van Keulen and Young 1977). Likewise, the content of fatty acids was determined by gas chromatography (O'Fallon *et al.* 2007) and the amino acid content by HPLC high performance liquid chromatography (Liu *et al.* 1995).

To carry out the statistical analysis of the results, the Statgraphics Centurion software (Statgraphics 2010) was used. The effect of the origin of BP, summer or winter, in its chemical composition was analyzed by analysis of variance (ANOVA). The means comparison was made with t Student's test, at the significance level of $P < 0.05$. In addition, an analysis of the main components involved in the composition of the BP was performed.

Table 1 shows the comparison, in terms of the chemical composition and the contents of fatty acids and amino acids of the BP produced in winter and summer.

It was observed that there were differences for the variables insoluble ash, NDF, hemicellulose, SFND and

extracción del azúcar pueden modificar su composición.

En España hay dos zonas productoras de remolacha, una en el norte que es recolectada en invierno, y otra en el sur que se recolecta en verano, en ambas zonas se cultivan varias variedades de remolacha y en ambas se incluyen cultivos de secano y de regadío. Este cultivo ocupó en la campaña 2013/2014, 26605 ha en el norte del país, con una producción de 2.135 millones de t de remolacha recolectada en invierno, y 8662 ha en el sur, con 749.5 mil t en verano (MAPAMA 2018).

Dado que existen diferencias importantes entre ambas zonas de producción, que podrían influir en la composición química de la PR, el objetivo del estudio fue caracterizar la composición química de las pulpas granuladas que se comercializan, procedente de una y de otra zona.

Se analizaron 12 muestras de pulpa de remolacha granulada, recogidas directamente de los almacenes de las plantas azucareras productoras, al principio y al final de la campaña remolachera, mediante muestreo en distintos puntos del almacén. Siete muestras procedían del norte (invierno) y otras cinco del sur (verano). Los análisis químicos se realizaron por los métodos oficiales de la AOAC (2016) para materia seca (MS), cenizas totales (CT), proteína bruta (PB), proteína bruta ligada a fibra detergente neutro (PBFND), grasa bruta (GB), fibra detergente neutro corregida por cenizas y proteína (FDN), fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDA) y lignina detergente ácido (LDA). También se determinó el contenido en almidón (ALRIE) y fibra soluble en detergente neutro (FSDN) por el método descrito por Martínez-Vallespin *et al.* (2011). El contenido de hemicelulosa se estimó por diferencia entre FDN y FDA y el de celulosa, por diferencia entre FDA y LDA. Las cenizas insolubles corresponden al residuo insoluble de las cenizas totales tratadas con ácido clorhídrico y ácido nítrico, lavado con ácido clorhídrico 1N y agua y nueva calcinación (van Keulen y Young 1977). Asimismo, se determinó el contenido de ácidos grasos por cromatografía de gases (O'Fallon *et al.* 2007) y el de aminoácidos, por cromatografía líquida de alto rendimiento HPLC (Liu *et al.* 1995).

Para realizar el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el programa informático Statgraphics Centurion (Statgraphics 2010). El efecto del origen de la PR, verano o invierno, en su composición química se analizó mediante análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se hizo con la t de Student, a nivel de significación de $P < 0.05$. Además, se realizó análisis de los componentes principales que intervienen en la composición de la PR.

En la tabla 1 se muestra la comparación, en cuanto a la composición química y los contenidos de ácidos grasos y aminoácidos de las PR producidas en invierno y en verano.

Se pudo apreciar que hubo diferencias para las variables cenizas insolubles, FDN, hemicelulosa, FSDN y almidón ($P < 0.05$). Aunque los resultados obtenidos

starch ($P < 0.05$). Although the obtained results were in the range of values reported, there was high variability (variation coefficients higher than 10 %), except for DM and CP; being the variability recorded for hemicellulose (21 %), ADL (67 %) and insoluble ash (33 %) especially highlighted.

The total ash content coincided with those reported by Volek *et al.* (2003), with values around 7 %, while other authors report values between 4.4-13.2 % (NRC 2000 and De Blas *et al.* 2010). The 54 % of total ashes were insoluble in the winter BP, while in summer they represented only 34 % ($P < 0.05$). The inclusion of other by-products in BP, such as vinasse, may be at the origin of these differences.

Although the CP was relatively low and did not differ between groups, with an average of 8.8 %, it was in the range of reported values (7.4-15.6 %) (De Blas and Carabaño 1996, DePeters *et al.* 2000, NRC 2000 and Habeeb *et al.* 2017). More than a half of CP (5.15 %) of BP was linked to cell walls. The CF content was relatively low (1.2 %), and similar between the winter and summer BP, and in the range between 0.5 % (NRC 2000) and 2 % (Volek *et al.* 2003).

The pulps have a high content of fibers, soluble as insoluble, highly digestible (Habeeb *et al.* 2017). The NDF fraction showed differences between the two periods ($P < 0.001$), being 16 % higher in the summer BP, which seems to be associated with a higher hemicellulose content ($P < 0.05$). On the other hand, the ADF content did not show significant differences between the samples, with an average value of 22 %, lower than that obtained by other authors, which place them between 25.7 and 27.0 % (De Blas and Carabaño 1996, Volek *et al.* 2003 and De Blas *et al.* 2010).

Cellulose is an important fraction of the BP and the contents found in summer and winter are in the range of 13.1-27.5 %, reported by other authors (De Blas and Carabaño 1996, DePeters *et al.* 2000, and Pereira and González 2004).

The ADL content of the BP was similar at both seasons of the year. This was a very variable indicator. While De Blas *et al.* (2010) observed values close to 2 %, other studies refer variations from 2 to 6 % for samples from different sources (Pereira and González 2004), which may be related to the variety and the beet crop.

In correspondence with the differences found in the NDF content, the content in other complex carbohydrates more usable by the animals contained in the SFND fraction was higher ($P < 0.01$) in the winter BP. On the other hand, the starch content was low in both seasons, although higher also in winter BP ($P < 0.01$), which could be related to differences between the varieties of beet, or cultivation, or on the efficiency of the sugar extraction process between the factories, but that could also be due to the incorporation of molasses inside the BP before granulating, whose

estuvieron en el intervalo de valores informados, hubo alta variabilidad (coeficientes de variación superiores al 10%), excepto para MS y PB; siendo especialmente reseñable la variabilidad registrada para hemicelulosa (21%), LDA (67%) y cenizas insolubles (33%).

El contenido de cenizas totales coincidió con los informados por Volek *et al.* (2003), con valores en torno a 7%, mientras que otros autores reportan valores entre 4.4-13.2% (NRC 2000 y De Blas *et al.* 2010). Algo más de la mitad de las cenizas totales (54%) fueron cenizas insolubles en las PR de invierno, mientras que en las de verano representaron solo 34% ($P < 0.05$). La inclusión de otros subproductos en la PR, tales como vinazas, puede estar en el origen de estas diferencias.

Aunque la PB fue relativamente baja y no difirió entre grupos, con promedio de 8.8 %, estuvo en el rango de valores informados (7.4-15.6%) (De Blas y Carabaño 1996, DePeters *et al.* 2000, NRC 2000 y Habeeb *et al.* 2017). Más de la mitad de la PB (5.15 %) de la PR estuvo ligada a las paredes celulares. El contenido de GB fue relativamente bajo (1.2 %), y similar entre las PR de invierno y verano, y en el rango entre 0.5 % (NRC 2000) y 2 % (Volek *et al.* 2003).

Las pulpas poseen un alto contenido de fibras, solubles como insolubles, altamente digestibles (Habeeb *et al.* 2017). La fracción FDN mostró diferencias entre las dos épocas ($P < 0.001$), siendo 16 % superior en las PR de verano, lo que parece asociarse a mayor contenido en hemicelulosa ($P < 0.05$). Por su parte, el contenido de FDA no mostró diferencias significativas entre las muestras, con valor promedio de 22 %, menor que lo obtenido por otros autores, que los sitúan entre 25.7 y 27.0 % (De Blas y Carabaño 1996, Volek *et al.* 2003 y De Blas *et al.* 2010).

La celulosa es una fracción importante de la PR y los contenidos encontrados en verano e invierno están en el rango de 13.1-27.5 %, informado por otros autores (De Blas y Carabaño 1996; DePeters *et al.* 2000 y Pereira y González 2004).

El contenido en LDA de la PR fue similar en ambas épocas del año. Este fue un indicador muy variable. Mientras De Blas *et al.* (2010) observaron valores cercanos a 2 %, otros estudios refieren variaciones desde 2 hasta 6 % para muestras de distinta procedencia (Pereira y González 2004), que pueden estar relacionadas con la variedad y el cultivo de la remolacha.

En correspondencia con las diferencias encontradas en el contenido de FDN, el contenido en otros carbohidratos complejos más utilizables por los animales contenidos en la fracción FSDN fue mayor ($P < 0.01$) en la PR de invierno. Por otro lado, el contenido en almidón fue bajo en ambas épocas, aunque mayores también en las PR de invierno ($P < 0.01$), lo que podría estar relacionado con diferencias entre las variedades de remolacha, o de cultivo, o en la eficacia del proceso de extracción del azúcar entre las factorías, pero que también podría deberse a la incorporación de melazas dentro de la PR

sugars (glucans) could be retained in this fraction during the analysis.

The BP contains little fat, and, therefore, the fatty

antes de granular, cuyos azúcares (glucanos) podrían quedar retenidos en esta fracción durante el análisis.

La PR contiene muy poca grasa, y, por tanto, los

Table 1. Chemical composition, fatty acids and amino acids of beet pulp produced in Spain during the winter and summer seasons (mean and VC)

Components	Winter	VC	Summer	VC	P _{value}
Dry matter (%)	90.17	0.93	89.65	3.10	0.6809
Total ash	6.94	1.24	6.50	1.73	0.6143
Insoluble ashes	3.72	0.78	2.24	1.02	0.0170
Crude protein	8.57	0.52	8.98	0.92	0.3472
Crude protein linked to NDF	5.14	0.77	5.15	0.72	0.9797
Crude fat	1.27	0.77	1.15	0.15	0.1942
Neutral detergent fiber	30.22	1.05	37.84	3.49	0.0003
Hemicellulose	9.62	2.34	14.99	3.18	0.0070
Acid detergent fiber	20.60	2.55	22.85	0.72	0.0872
Cellulose	18.47	3.22	20.87	1.95	0.1723
Acid detergent lignin	2.14	1.36	1.99	1.54	0.8610
Non-fibrous carbohydrates	52.99	1.69	45.53	2.84	0.0002
Soluble fiber in neutral detergent	47.52	1.69	39.68	2.48	<0.0001
Sugars	4.38	1.92	5.25	3.60	0.5957
Starch	1.10	0.31	0.60	0.17	0.0083
Fatty acids					
Palmythic (C16:0)	0.30	0.02	0.25	0.05	0.0179
Behenic (C22:0)	0.01	0.001	0.01	0.002	0.0360
Oleic (C18:1 n9)	0.11	0.01	0.11	0.03	0.8849
Vaccenic (18:1 n7)	0.02	0.001	0.01	0.002	0.0129
Linoleic (C18:2 n6)	0.54	0.13	0.45	0.08	0.1842
Arachidonic (C20:4 n6)	0.01	0.001	0.01	0.004	0.0167
Linolenic (C18:3 n3)	0.06	0.02	0.05	0.01	0.6217
Docosadienoic (C22:2n6)	0.01	0.001	0.01	0.004	0.0184
Total fatty acids	1.04	0.15	0.89	0.12	0.1014
Palmythic (C16:0)	0.30	0.02	0.25	0.05	0.0179
Amino acids					
Aspartic acid	0.72	0.04	0.69	0.05	0.2590
Glutamic acid	1.03	0.1	1.10	0.17	0.4168
Serine	0.48	0.02	0.47	0.06	0.8823
Glycine	0.41	0.02	0.41	0.05	0.9445
Histidine	0.28	0.02	0.29	0.05	0.6801
Arginine	0.30	0.05	0.30	0.05	0.9631
Threonine	0.44	0.03	0.44	0.06	0.8314
Alanine	0.44	0.02	0.45	0.04	0.9121
Proline	0.39	0.02	0.49	0.19	0.2342
Cysteine	0.09	0.02	0.10	0.03	0.3980
Tyrosine	0.26	0.02	0.30	0.05	0.0861
Valine	0.52	0.02	0.52	0.05	0.9687
Methionine	0.16	0.02	0.14	0.06	0.4410
Lysine	0.52	0.14	0.46	0.06	0.3744
Isoleucine	0.34	0.02	0.34	0.03	0.9312
Leucine	0.55	0.03	0.53	0.06	0.4565
Phenylalanine	0.31	0.03	0.32	0.05	0.6955

acids are in proportions lower than 1 % of the dry matter, also presenting a high variability. The most representative fatty acids are linoleic, palmitic and oleic, with some differences between the collection time, in terms of palmitic acid, being its content higher in winter ($P < 0.05$). The rest of fatty acids are at levels lower than 0.1 %.

The amino acid composition was similar between the BP of both groups. The most abundant amino acid was glutamic acid, followed by aspartic acid, leucine, lysine and valine, although all of them with very low values because the CP content of the BP was also very low. These values are in the range determined by De Blas *et al.* (2010) for lysine (0.54 %) and methionine (0.16 %).

In general terms, beet pulp is a by-product of high content of insoluble fibrous carbohydrates (cellulose and hemicelluloses) and carbohydrates soluble in neutral detergent, and with low lignin content, which makes it an excellent source of energy in those animals that have a good digestibility of this type of compounds (Cobos *et al.* 1995 and Habeeb

ácidos grasos están en proporciones menores al 1% de la materia seca, presentando además una variabilidad alta. Los ácidos grasos más representativos son el linoleico, palmítico y oleico, con algunas diferencias entre la época de recolección, en cuanto al ácido palmítico, siendo mayor su contenido en invierno ($P < 0.05$). El resto de ácidos grasos están en niveles menores a 0.1%.

La composición de aminoácidos fue similar entre las PR de ambos grupos. El aminoácido más abundante fue el ácido glutámico, seguido del ácido aspártico, leucina, lisina y valina, aunque todos ellos con valores muy bajos debido a que el contenido en PB de la PR fue también muy bajo. Estos valores están en el rango determinado por De Blas *et al.* (2010) para lisina (0.54 %) y metionina (0.16 %).

En términos generales, la pulpa de remolacha es un subproducto de alto contenido de carbohidratos fibrosos insolubles (celulosa y hemicelulosas) y carbohidratos solubles en detergente neutro, y con bajo contenido de lignina, lo que la hace excelente fuente de energía en aquellos animales que tienen una buena digestibilidad de este tipo de compuestos (Cobos *et al.* 1995 y Habeeb *et al.* 2017). Además, la fibra soluble en detergente

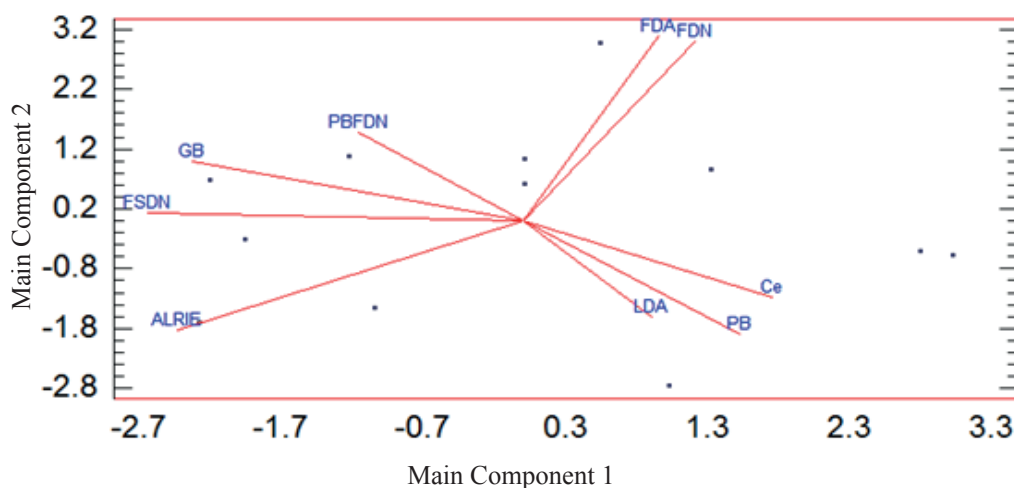


Figure 1. Analysis of the main components of the chemical composition of beet pulp.

et al. 2017). In addition, the soluble fiber in neutral detergent is formed by soluble and insoluble pectins, soluble hemicelluloses (arabinoxylans and β -glucans), fructans and oligosaccharides (Martínez-Vallespín *et al.* 2011), which are given a very important function in the intestinal health of animals (Fishman *et al.* 2011), especially of monogastric animals (Carabaño *et al.* 2008 and Xiccato *et al.* 2011).

The analysis of the main components of the BP chemical composition shows that the main component consists of SFND, located on the left side of the graph and the insoluble fibrous components (NDF and ADF, on the right side, which explain 61.6 % of the variability (figure 1). On the other hand, the main component 2 shows that part of the variability could also be due to the ADF content and its lignification degree. These results highlight the importance of a detailed evaluation of the nature of the fibers

neutro está formada por pectinas solubles e insolubles, hemicelulosas solubles (arabinoxilanos y β -glucanos), fructanos y oligosacáridos (Martínez-Vallespín *et al.* 2011), a los que se les otorga una función muy importante en la salud intestinal de los animales (Fishman *et al.* 2011), especialmente de los monogástricos (Carabaño *et al.* 2008 y Xiccato *et al.* 2011).

El análisis de los componentes principales de la composición química de la PR muestra que el componente principal está formado por FSDN, localizado en el lado izquierdo del gráfico y los componentes fibrosos insolubles (FDN y FDA) localizados en el lado derecho, los mismos que explican el 61.6 % de la variabilidad (figura 1). Por otra parte, el componente principal 2 muestra que parte de la variabilidad podría deberse también al contenido en FDA y a su grado de lignificación. Estos resultados, ponen en evidencia la importancia que tiene una detallada evaluación de la naturaleza de las fibras que contiene la PR.

contained in the BP.

It is concluded that beet pulp from the sugar industry in Spain, independent of the season, is a by-product that provides high fiber content, soluble as insoluble, although it is not an important source of BP, amino acids or fatty acids. However, it is necessary to characterize the chemical nature of these complex carbohydrates, since the pulps obtained in winter showed higher SFND content and lower in NDF.

Acknowledgments

Thanks to the Technical University of Oruro, to the Institute of Animal Science and Technology from the Polytechnic University of Valencia and to the Office of International Action of the Polytechnic University of Valencia for the financial support of the research study.

Se concluye que la pulpa de remolacha procedente de la industria azucarera de España, independiente de la época, es un subproducto que aporta alto contenido de fibra, soluble como insoluble, aunque no es una fuente importante de PB, aminoácidos o ácidos grasos. Sin embargo, es necesario caracterizar la naturaleza química de estos carbohidratos complejos, ya que las pulpas obtenidas en invierno mostraron mayor contenido de FSDN y menor en FDN.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Oruro, al Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia y a la oficina de Acción Internacional de la Universidad Politécnica de Valencia por el soporte financiero del trabajo de investigación.

References

- AOAC. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: June 22, 2018].
- Carabaño, R., Badiola, I.J., Chamorro, S., Garcia, J. & Garcia-Ruiz, A.I. 2008. New trends in rabbit feeding: Influence of nutrition on intestinal health. *Span. J. Agric. Res.* 6:15-25.
- Cobos, A., de la Hoz, L., Cambero, M.I. & Ordoñez, J.A. 1995. Sugar beet pulp as an alternative ingredient of barley in rabbit diets and its effect on rabbit meat. *Meat Sci.* 39:113-121.
- De Blas, C. & Carabaño, R. 1996. A review on the energy value of sugar beet pulp for rabbits. *World Rabbit Sci.*, 4: 33-36.
- De Blas, C., Mateos, G.G. & García-Rebollar, P. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Tercera edición FEDNA, Madrid. 423pp.
- Delgado, R. Nicodemus, N., Abad-Guamán, R., Sastre, J., Menoyo, D., Carabaño, R. & García, J. 2018. Effect of dietary soluble fibre and n-6/n-3 fatty acid ratio on growth performance and nitrogen and energy retention efficiency in growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.* 239: 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.006>
- DePeters, E., Fadel, J., Arana, M., Ohanesian, N., Etchebarne, M., Hamilton, C., Hinders, R., Maloney, M., Old, C., Riordan, T., Perez-Monti, H. & Pareas, J. 2000. Variability in the Chemical Composition of Seventeen Selected By-Product Feedstuffs Used by the California Dairy Industry. *Prof. Anim. Sci.* 16: 69-99.
- Fishman, M. L., Chau, H. K., Coffin, D.R., Yadav, M. P. & Hoychkiss, A. T. 2011. Physico-chemical characterization of cellulosic fraction from sugar beet pulp. *Cellulose* 18:787-801
- Foster, B.L., Dale, B.E. & Doran-Peterson, J.B. 2001. Enzymatic hydrolysis of ammonia-treated sugar beet pulp. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 91-93: 269-282.
- Habeed, A. A. M., Gad, A. E., El-Tarabany, A. A., Mustafa, M. M. & Atta. M. A. A. 2017. Using of sugar beet pulp by-product in farm animal feeding. *Int. J. scientific Res. Sci. Tech.* 3(3): 107-120. ISSN: 2395-6011
- Liu, H.J., Chang, B.Y., Yan, H.W., Yu, F.H. & Liu, X.X. 1995. Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate and reverse-phase liquid chromatographic separation. *J. AOAC Int.* 78: 736-744.
- MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2018. Remolacha Azucarera. Gobierno de España. Available: www.mapama.gob.es [Consulted: 03/05/2018]
- Martínez-Vallespin, B., Navarrete, C., Martínez-Paredes, E., Ródenas, L., Cervera, C. y Blas E. 2011. Determinación de la Fibra Soluble en Detergente Neutro: Modificaciones del Método Original. AIDA. XIV Jornadas sobre Producción Animal, 1. Zaragoza: 291-293.
- Münnich, M., Khiaosa-ard, R., Klevenhusen, F., Hilpold, A., Khol-Parisini, A., Zebeli, Q. 2017. A meta-analysis of feeding sugar beet pulp in dairy cows: effects on feed intake, ruminal fermentation, performance, and net food production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 224: 78-89. ISSN 0377-84011
- NRC. 2000. Nutrient Requirements Of Beef Cattle. (7th ed.). National Academy Press, Washington D.C. USA. 232p.
- O'Fallon, J.V., Busboom, J.R., Nelson, M.L. & Gaskins, C.T. 2007. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 85: 1511-1521.
- Omer, H.A.A., Abdel-Magid, S.S., El-Badawi, A.Y., Awadalla, I.M., Mohamed, M.I. & Zaki, M.S. 2013. Nutritional impact for the whole replacement of concentrate feed mixture by dried sugar beet pulp on growth performance and carcass characteristics of ossimi sheep. *Life Sci. J.*, 10(4): 1987-1999.
- Pereira, J.C. & González, J. 2004. Rumen degradability of dehydrated beet pulp and dehydrated citrus pulp. *Anim. Res.* 53: 99-110.
- Statgraphics. 2010. Statgraphics centurión. Version XVI. Stat Point Technologies, Inc., Warrenton. VA.
- Van Keulen, J. & Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility. *J. Anim. Sci.* 44: 262-266.

- Volek, Z., Skrivanova, V. & Marounek, M. 2003. Comparison of diets for growing rabbits containing potato pulp, sugar beet pulp and wheat bran: effect on performance and digestion parameter. *Arch. Geflugelken*, 68: 259-264.
- Xiccato, G., Trocino, A., Majolini, D., Fragkiadakis, M. and Tazzoli, M. 2011. Effect of decreasing dietary protein level and replacing starch with soluble fibre on digestive physiology and performance of growing rabbits. *Animal*. 5(8):1179-1187.

Received: May 23, 2018