

Características de ensilabilidad de chíá (*Salvia hispanica* L.) durante el ciclo de crecimiento y patrón de fermentación de sus ensilajes afectados por los niveles de marchitez

P.G. Peiretti

Institute of Science of Food Production, National Research Council, Via L. da Vinci, 44, 10095, Grugliasco (TO), Italia
Correo electrónico: piergioorgio.peiretti@ispa.cnr.it

La chíá se cultivó en el valle del Po, en el norte de Italia. El crecimiento de chíá se caracterizó por la rápida acumulación de materia seca (MS) en el pasto durante su crecimiento y el contenido de MS aumentó de 84 hasta 224 g/kg de materia fresca (MF). Se observaron diferencias significativas en el pH que osciló entre 6.0 y 6.2. El contenido de carbohidratos solubles en agua (CSA) se incrementó desde 86 hasta 213 g/kg de MS, mientras que la capacidad tampón (CT) disminuyó desde 689 hasta 416 meq/kg de MS sin incrementar el período de crecimiento. El nitrógeno soluble (NS) varió desde 105 hasta 174 g/kg NT. Se prepararon cuatro tipos de ensilajes sin aditivos (ensilaje cortado y ensilaje marchito con tres niveles de marchitez) en la etapa de formación de yemas para investigar los efectos de la marchitez en la composición química y las características de fermentación del ensilaje. Los resultados del ensilaje indicaron que la fermentación de la chíá se caracteriza por la presencia de algunos alcoholes y ácidos grasos volátiles y la falta de ácido láctico. Se analizó la variabilidad de las características de la calidad del pasto cosechado en cinco etapas diferentes de madurez y la variabilidad en las características del ensilaje para determinar su significación estadística mediante el análisis de varianza (ANOVA) y estudiar el efecto de la etapa de crecimiento y el nivel de marchitez, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas en el NT, la energía bruta, el pH, o las características de fermentación, excepto en el ácido isobutírico, que disminuyó con los niveles crecientes de marchitez. Los buenos resultados obtenidos en los silos a escala de laboratorio con el ensilaje caracterizado por la fermentación restringida y la falta de ácido butírico en los tres niveles altos de marchitez parecen sugerir que la chíá tiene el potencial para ensilado de gran escala, si es cosechada en la etapa de formación de yemas y se marchita a un nivel de MS de más de 285 g/kg de MF. Se requiere de estudios más profundos para definir la calidad de conservación de los silos a escala de granja o en silos con aditivos que mejoren la fermentación del ensilaje cuando la chíá es ensilada al momento del corte o a niveles bajos de marchitez.

Palabras clave: *composición química, carbohidratos solubles en agua, calidad de conservación, ensilaje.*

La chíá (*Salvia hispanica* L.) es una planta anual de verano de la familia Labiatae. Es originaria del norte de Guatemala y del sur de México y es considerada como interesante porque se puede cultivar para producir aceite para la industria y harina para el consumo humano (Ayerza 1995). Los ácidos grasos de aceite de chíá son altamente insaturados, y sus componentes principales son los ácidos linoleico y ω -linoleico, la harina es rica en proteína y fibra y se puede usar como alimento animal y humano (Ting *et al.* 1990).

Muchos estudios científicos han informado la ventaja nutricional de las semillas de chíá en la nutrición de aves y conejos (Ayerza y Coates 1999, 2000, 2001, Ayerza *et al.* 2002, Meineri y Peiretti 2007 y Peiretti y Meneiri 2008) y en la dieta de vacas para producción lechera (Ayerza y Coates 2002). Este cultivo también se ha estudiado como posible fuente de ácidos grasos poliinsaturados para rumiantes con el objetivo de determinar el perfil de ácidos grasos y el valor nutritivo de esta semilla y de la planta recolectada en cinco etapas morfológicas progresivas (Peiretti y Gai 2008).

Los cultivos de forraje fresco pueden preservarse mediante el ensilado porque las mayores ventajas consisten en la retención de las propiedades de las plantas verdes y el incremento en el valor nutritivo del ensilaje final (McDonald *et al.* 1991).

En la actualidad, no hay datos disponibles en lo que concierne a las características de ensilabilidad o fermentación del ensilaje de chíá. Es muy importante determinar el contenido de los carbohidratos solubles en agua (CSA) y la

capacidad tampón durante el crecimiento de la planta porque niveles adecuados de CSA, baja capacidad tampón, y niveles apropiados de humedad en el forraje son necesarios para la buena conservación del ensilaje.

El objetivo de este estudio fue determinar la composición química y las características de ensilabilidad de la chíá al corte durante su primer ciclo de crecimiento en etapas morfológicas desde la vegetativa hasta la formación de yemas. Se estudió la tendencia de la chíá a ser preservada como ensilaje en cultivos cosechados al momento del corte o en tres niveles diferentes de marchitez.

Materiales y Métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en 2004 en la parte oeste del valle del Po. Se sembraron semillas de chíá en rodales en mayo de 2004 y no se aplicó irrigación o fertilizante después de la siembra. Las muestras de hierbas se recolectaron con tijeras de podar (0.1 ancho de corte) en cinco etapas morfológicas progresivas desde la etapa temprana vegetativa hasta la formación de yemas en subparcelas de 1 m², localizadas aleatoriamente en parcelas de 3 m x 5 m con tres réplicas cortadas a 1-2 cm de altura del rebrote. El muestreo ocurrió entre junio y septiembre de 2004. El muestreo para el análisis químico no se llevó a cabo en días lluviosos y solo ocurrió en la mañana después de la desaparición del rocío.

El forraje para el tratamiento de ensilaje se cortó en la etapa de formación de yemas en 4 de septiembre. Cuatro muestras de hierbas se recolectaron al corte y a

tres niveles de marchitez, respectivamente. Los niveles esperados de marchitez fueron de 280, 370 y 350 g/kg y se obtuvieron después de 12 h, 1 día y 2 días de marchitez. El clima fue favorable para el secado en el campo y no cayó lluvia durante este período. La hierba marchita se cortó con un cortador de papel hasta un largo de 1-2 cm y se ensiló en silos de cristal de laboratorio de 2 L, equipado con una tapa que permitía solo la salida del gas. Se realizaron dos replicas en cada nivel de MS para un total de 8 silos de laboratorio. Todos los ensilajes se preservaron por fermentación espontánea y se almacenaron a 10 ± 2 °C en una habitación oscura durante 130 días.

Las muestras de hierba y ensilaje se analizaron inmediatamente para determinar su contenido de MS mediante un horno de secado forzado (90 °C) hasta alcanzar peso constante y para determinar el contenido de N total (NT) según el método de Dumas mediante un analizador de nitrógeno macro-N (Foss Heraeus Analysensysteme, Hanau, Germany). Se cortaron las muestras húmedas y se congelaron inmediatamente y se mantuvieron a -30 °C para los análisis cualitativos.

El pasto congelado se homogenizó con agua a 20 °C durante 5 minutos en un licuadora de laboratorio Stomacher 400 (Seward Lab., Londres) y se filtró el contenido con papel de filtro Whatman 41. Los extractos acuosos se prepararon por triplicado y se analizaron para determinar el contenido de CSA con el uso del método colorimétrico antrona (Deriaz 1961), la capacidad tampón según Playne y McDonald (1966), el pH usando un pHmetro Crison Basic (Crison Instruments, SA, ES) y el contenido de N soluble (NS) según el método Kjeldahl (AOAC 1990).

La energía bruta de los ensilajes se midió con una bomba calorimétrica adiabática (IKA C7000, Staufen-Alemania) según Meineri y Peiretti (2005).

Las concentraciones de alcohol, ácidos grasos volátiles se determinaron en extractos ácido de ensilaje. Se pesaron muestras de ensilaje cortado congelado (50 g) en una bolsa de polietileno de 400 mL y se extrajeron 200 mL de 0.1 N H₂SO₄ a 20 °C durante 4 minutos en una licuadora de laboratorio Stomacher 400. La mezcla se centrifugó durante 5 minutos a 3000 x g y después se filtró a través de filtro de membrana Scheleicher y Schull (BA-83, 0.2 µm).

Se inyectó una alícuota de 1 µL de los extractos ácidos con el uso de un técnica en columna con auto-

muestreador (Dani Instruments SpA, ALS 1000, Cologno Monzese, Italia), en una columna capilar de amplio soporte (SGE BP21 25 m x 0.53 mm diámetro interno y 0.5 µm de grosor de película; P/N 054474, SGE International, Ringwood, Victoria, Australia), instalado en un cromatógrafo de gas (Dani GC 1000 DPC) que funciona en modo de temperatura programada y que está equipado con un detector de ionización de llama y un puerto de inyección PTV, usado en modo dividido, con un flujo con respiradero dividido de 100 mL/min. Los puertos de inyector y detector se fijaron a 230 °C y 240 °C, respectivamente. Se usó helio como gas portador y la temperatura del horno se programó desde 60 °C hasta 200 °C a 5 °C por minuto y se mantuvo durante 2 min en un tiempo de corrida de 30 min. La zona de pico se midió mediante Dani Data Station DDS 1000. Cada pico se identificó y cuantificó según estándares puros (Sigma Chemical, St. Louis, MO, Estados Unidos). Los datos mostrados son valores medios de los análisis triplicados que se realizaron para cada muestra.

La variabilidad en las características de la calidad de la hierba cosechadas en cinco diferentes etapas de madurez y la variabilidad en las características del ensilado se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) con el uso del programa Statistical Package for Social Science, v. 11.5 (SPSS, Chicagop, IL, Estados Unidos) para examinar el efecto de la etapa de crecimiento y el nivel de marchitez, respectivamente. Cuando los valores de F fueron significativos (es decir, $P < 0.05$) se usó la dódima de rangos múltiples de Duncan (1955) para detectar las diferencias entre las medias.

Resultados y Discusión

La composición química y las características de ensilabilidad de la hierba chíá cosechada en cinco etapas de crecimiento se informan en la tabla 1. El contenido de MS de *Salvia hispanica* se incrementó durante el crecimiento, pero no arribó al mínimo de MS (250 g/kg MF) necesario para producir ensilaje bien fermentado sin aditivos (Haigh 1996). El pH fue menor en la etapa vegetativa tardía que en las otras etapas. El contenido de CSA se incrementó con el desarrollo de la etapa de crecimiento y en la formación de yemas alcanzó un contenido de 213 g/kg MS. La capacidad tampón disminuyó

Tabla 1. La hierba chíá: composición química y características de ensilabilidad al corte de cinco períodos morfológicos de crecimiento

Período	Vegetativa temprana	Vegetativa media	Vegetativa tardía	Formación de ramas	Formación de yemas	EEM
Fecha de corte	26/06/04	03/07/04	10/07/04	30/07/04	03/09/04	
MS, g/kg	84.0 ^a	111.0 ^b	111.0 ^b	174.0 ^c	224.0 ^d	13.6
pH	6.22 ^a	6.05 ^c	6.01 ^d	6.08 ^b	6.09 ^b	0.02
CSA, g/kg DM	86.0 ^a	110.0 ^b	117.0 ^b	155.0 ^c	213.0 ^d	11.9
Capacidad tampón, meq/kg MS	689.0 ^a	620.0 ^b	571.0 ^b	490.0 ^c	416.0 ^d	26.0
No soluble, g/kg N total	113.0 ^a	107.0 ^a	105.0 ^a	123.0 ^a	174.0 ^b	7.2

En una fila, los valores con diferentes letras difieren ($P < 0.05$)

desde la primera hasta la última etapa y altos valores de capacidad tampón se asociaron a la baja temperatura del sitio experimental. El nitrógeno soluble (NS) varió desde 105 hasta 174 g/kg NT en la etapa vegetativa tardía y en la de formación de yemas, respectivamente.

Estas características de ensilabilidad pueden diferir en gran medida entre varias especies. Por ejemplo, entre las gramíneas el ensilaje de ray-grass italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) es más fácil de producir que el ensilaje de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y entre las leguminosas, debe considerarse la buena capacidad de ensilaje del trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) y de la más problemática alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Meineri y Peiretti 2005).

El valor de CSA encontrado en la chíá en el ensilaje (en la etapa de formación de yemas) fue similar al observado por Valente *et al.* (2003) en la manzanilla de flor dorada (*Chrysanthemum coronarium* L.) en la formación temprana de yemas y mayor que el observado por Peiretti (2009) en galega (*Galega officinalis* L.) en la etapa de formación de yemas. La tendencia del contenido de CSA en la chíá durante el crecimiento de la planta fue el opuesto al observado en el ray-grass italiano (Borreani *et al.* 1998a) y en la sullá (*Hedysarum coronarium* L.) (Borreani *et al.* 1998b). Haigh (1990) indicó que el mínimo de CSA en la hierba necesarios para evitar el desarrollo de la fermentación clostridial en el ensilaje con un contenido de MS de 230 g/kg de MF es de aproximadamente 37 g/kg de MS sin el uso de ningún aditivo.

Un decrecimiento en la capacidad tampón con la madurez también se ha observado en el ray-grass italiano (Valente *et al.* 1993), en la alfalfa (Borreani *et al.* 1996) y en la manzanilla de flor dorada (Valente *et al.* 2003) y pudiera explicarse parcialmente por el menor contenido de ácidos orgánicos. Playne (1963) encontró que la capacidad tampón del sorgo dulce disminuyó con la edad de la planta, pero no mostró relación significativa con el contenido total de nitrógeno o con el contenido

de nitrógeno no-proteico de la planta. Los valores de NS encontrados en la hierba chíá fueron menores que los encontrados en la manzanilla de flor dorada (Valente *et al.* 2003).

Las características de fermentación de los ensilajes de chíá en los cuatro niveles de MS se informan en la tabla 2. Estas características reflejan la disponibilidad de CSA y los valores decrecientes de la capacidad tampón en las hierbas en ensilaje. No se encontraron diferencias significativas en el NT, la energía bruta, el pH o en las características de fermentación, con la excepción del ácido isobutírico, el que se redujo al aumentar el contenido de MS. Los resultados del ensilaje indican que la fermentación de la chíá se caracteriza por la presencia de alcoholes, ácidos grasos volátiles y la falta de ácido láctico. El nivel de marchitez no influyó en la composición química del ensilaje o en algunas de las características de fermentación en el período de formación de yemas reduciendo la actividad de la microflora y en particular inhibiendo la actividad de las bacterias clostridiales y ácido lácticas. Esto podría deberse a la falta de suficiente número de bacterias ácido lácticas porque hay suficiente cantidad de CSA disponibles, mientras la falta de ácido butírico en los tres niveles de marchitez podría sugerir que algunos constituyentes de la chíá pudieran ayudar a la conservación del ensilaje. Estos resultados concuerdan con la observación de Michelena y Molina (1990) sobre la calidad del ensilaje en hierba elefante.

En conclusión, los buenos resultados obtenidos en silos a escala de laboratorio caracterizados por una fermentación restringida y la ausencia de ácido butírico en los tres niveles de marchitez parecen sugerir que la chíá tiene el potencial para ensilado a gran escala, si se cosecha en el período de formación de yemas y se seca a un nivel de MS de más de 285 g/kg de MF. Se requieren investigaciones futuras para definir la calidad de conservación en silos a escala de granja o en silos de laboratorio sin aditivos que mejoren la fermentación del ensilaje cuando la chíá se ensila al momento del corte o a bajos niveles de marchitez.

Tabla 2. Ensilajes de chíá: composición química al corte y tres niveles de marchitez en la etapa de formación de yemas

Fecha de ensilado	04/09/04	04/09/04	05/09/04	06/09/04	EEM
MS, g/kg MF	228.0	285.0	371.0	531.0	
NT, g/kg MS	12.9	12.9	13.3	13.1	0.1
Energía bruta, MJ/kg MS	18.1	18.5	17.5	18.8	0.3
pH	5.1	5.3	5.3	5.4	0.2
Metanol, g/kg MS	0.14	0.12	0.14	0.05	0.02
Etanol, g/kg MS	1.4	1.7	0.5	2.1	0.4
Ácido láctico, g/kg MS	nd	nd	nd	nd	nd
Ácido acético, g/kg MS	0.66	0.39	0.32	0.26	0.06
Ácido propiónico, g/kg MS	0.67	0.82	0.15	0.01	0.19
Ácido butírico, g/kg MS	0.35	nd	nd	nd	nd
Ácido isobutírico, g/kg DM	1.3 ^a	0.5 ^b	0.2 ^b	0.1 ^b	0.2

nd: no detectado

En una fila, valores con diferentes letras difieren ($P < 0.05$)

Referencias

- AOAC 1990. Official methods of analysis. Ass. Off. Anal. Chem. 15th Ed. Washington, D.C., USA
- Ayerza, R. 1995. Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72:1079
- Ayerza, R. & Coates, W. 1999. An omega-3 fatty acid enriched chia diet: its influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. *Can. J. Anim. Sci.* 79:53
- Ayerza, R. & Coates, W. 2000. Dietary levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition, for two strains of hens. *Poul. Sci.* 79:724
- Ayerza, R. & Coates, W. 2001. The omega-3 enriched eggs: the influence of dietary alpha-linolenic fatty acid source combination on egg production and composition. *Can. J. Anim. Sci.* 81:355
- Ayerza, R. & Coates, W. 2002. Influence of chia on total fat, cholesterol, and fatty acid profile of Holstein cow's milk. Association for the Advancement of Industrial Crops Meeting, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. p. 1
- Ayerza, R., Coates, W. & Lauria, M. 2002. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an omega-3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. *Poult. Sci.* 81:826
- Borreani, G., Caredda, S., Peiretti, P.G., Roggero, P.P., Sargenti, P., Sulas, L. & Valente, M.E., 1998 b. Evolution of yield and quality of sulla in relationship to the morphological stage of development. Proceedings of the 5th European Society for Agronomy Congress, Nitra, Slovak Republic. p. 233
- Borreani, G., Ciotti, A., Valente, M.E., Peiretti, P.G. & Canale, A. 1998 a. Forage quality and quantified morphological stage relationships in Italian ryegrass during the spring growth cycle. I. Stage codification, yield and ensilability characteristics. *It. J. Agron.* 2:39
- Borreani, G., Valente, M.E., Peiretti, P.G., Canale, A. & Ciotti, A. 1996. Evolution of ensilability characteristics, nutritional values, and yield in the first and second growth cycles of lucerne cv. Equipe and Boreal. Proceedings of the 16th General Meeting of the European Grassland Federation, Grado, Italy. p. 383
- Deriaz, R.E. 1961. Routine analysis of carbohydrates and lignin in herbage. *J. Sci. Food Agric.* 12:152
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1
- Haigh, P.M. 1990. Effect of herbage water soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. *Grass Forage Sci.* 45:263
- Haigh, P.M. 1996. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of bunker-made grass silage on commercial farms in England 1984–91. *J. Agric. Engng Res.* 64:249
- McDonald, P., Henderson, N. & Heron, S. 1991. *The Biochemistry of Silage*, 2nd ed., Marlow Bottom, Bucks: Chalcombe Publications, 340 pp
- Meineri, G. & Peiretti, P.G. 2005. Determination of gross energy of silages. *It. J. Anim. Sci.* 4:147
- Meineri, G. & Peiretti, P.G. 2007. Apparent digestibility of mixed feed with increasing levels of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds in rabbit diets. *It. J. Anim. Sci.* 6:778
- Michelena, J.B. & Molina, A. 1990. Efecto del momento de exposición al sol de King grass (híbrido Pennisetum) en la calidad del ensilaje. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 24:219
- Peiretti, P.G. 2009. Ensilability characteristics and silage fermentation of galega (*Galega officinalis* L.). *Agric. J.* 4:41
- Peiretti, P.G. & Gai, F. 2008. Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *Anim. Feed Sci. Technol.* 148:267
- Peiretti, P.G. & Meineri, G. 2008. Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplements. *Meat Sci.* 80:1116
- Playne, M.J. 1963. Buffering capacity of sweet sorghum: The effects of nitrogen content, growth stage and ensilage. *J. Sci. Food Agric.* 14:495
- Playne, M.J. & McDonald, P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.* 17:264
- Ting, I.P., Brown, J.H., Naqvi, H.H., Kumamoto, J. & Matsumura, M. 1990. Chia: A potential oil crop for arid zones. En: Naqvi, H.H., Estilai, A. & Ting, I.P. (eds.). *Proc. of the 1st International Conference of new industrial crops and products*, Riverside, CA, U.S.A. pp. 197
- Valente, M.E., Borreani, G., Caredda, S., Cavallarin, L. & Sulas, L. 2003. Ensiling forage garland (*Chrysanthemum coronarium* L.) at two stages of maturity and at different wilting levels. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108:181
- Valente, M.E., Ciotti, A., Peiretti, P.G. & Canale, A. 1993. Ensilability characteristics of Italian ryegrass cv. Barmultra as influenced by stage of growth. *Atti della Società Italiana delle Scienze Veterinarie, Riccione, Italy.* 47:1715

Recibido: 7 de febrero de 2009