



FOSS

eBook

El análisis de la fibra en el pienso animal

Fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN)
y fibra detergente ácida (FDA) - los estándares y las opciones de automatización

Abril de 2018

ANALYTICS BEYOND MEASURE

PRÓLOGO

Es evidente que la fibra resulta fundamental para un pienso bien equilibrado pero, a partir de ahí, la cosa se complica un poco más.

Hay una tendencia de la fibra cruda a la fibra detergente con los estándares correspondientes por considerar, sobre todo a efectos del etiquetado o en caso de producirse conflictos comerciales. Por otro lado está también la cuestión de los métodos entre los que elegir, tanto a la hora de cumplir dichos estándares como de preservar la eficiencia del laboratorio y el rendimiento. Por último, pero no por ello menos importante, está la función esencial del análisis de infrarrojo cercano en el análisis

rutinario de la fibra con una calibración eficaz y fiable frente a los métodos de referencia.

A pesar de que la solución definitiva para la fibra será siempre escurridiza, en este e-book recopilamos ángulos pertinentes sobre la materia basándonos en artículos, libros blancos y entrevistas realizadas durante los últimos años de desarrollo de productos en FOSS. Con avances en estándares, automatización de métodos químicos y calibración efectiva de NIR, está claro que un enfoque armonizado para el análisis de fibra en el pienso es ya una realidad para el laboratorio moderno.

ÍNDICE

Visión de conjunto del análisis de la fibra: De la fibra cruda a la detergente y la creación de una referencia mundial para la fibra	5
Técnica de la fibra cruda y la detergente . . .	11
Visión de conjunto de los estándares mundiales	16
La importancia de la automatización: velocidad, seguridad y reducción de la ocasión de producirse errores	20
Opciones de automatización: Crisol vs. filtro	22
Caso real en vídeo: El análisis automatizado de la fibra para la calibración NIR	27
Visión de conjunto de la solución	30

Visión de conjunto del análisis de la fibra:

De la fibra cruda a la detergente y la creación de una referencia mundial para la fibra

Se ha producido un aumento de las demandas del contenido en fibra en el pienso. En el caso de los animales monogástricos, la creación de la proporción adecuada de las fracciones de fibra aumenta el uso del pienso compuesto, mientras que, para los rumiantes, la fibra es una parte importante del metabolismo del rumen. La fibra es un factor determinante para la hidrólisis de todos los ingredientes nutricionales del pienso.

La fibra vegetal procede del material que conforma las paredes celulares. En el interior están los componentes de fibra como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. El resto son proteínas subdegradadas, pectina, agua y ceniza.

Se define en función de cómo se realiza el análisis

Como probablemente haya adivinado, de ningún modo se define la fibra claramente por un único grupo de componentes: básicamente, la fibra se define por la forma en la que, históricamente, hemos hecho los análisis.

Esta afirmación de la AAFCO (Association of American Feed Control Officials, Asociación americana para el control del pienso) resume la situación: "Puesto que no existe ninguna garantía de la correspondencia directa entre la solubilidad química y la disponibilidad química, en realidad, **la fibra se define por el método utilizado para aislarla.**

La definición real de la fibra depende del método utilizado, lo cual explica por qué existen tantos análisis de fibra distintos." La cita está extraída de ***Critical Factors in Determining Fiber in Feeds and Forages*** (Factores críticos para determinar la fibra en los piensos y forrajes), del Comité de métodos y servicios de laboratorio de la AAFCO, Grupo de trabajo de buenas prácticas para la fibra, febrero de 2017 (Revisión 1).

Visión de conjunto de la fibra detergente

A pesar de que se desarrolló a principios del siglo XIX, muchos cálculos del valor nutritivo de las verduras y los forrajes se siguen haciendo a partir de los valores de la fibra cruda, utilizando el denominado método Weende. Y esto a pesar de que hay muchos retos con el método de fibra cruda a la hora de calcular la cantidad de fibra o de pared celular vegetal.

Sin embargo, durante los últimos años, los nutricionistas del ganado han empleado la fibra detergente neutra (FDN), la fibra detergente ácida (FDA) y la lignina detergente ácida (LDA) como indicadores de la energía dietética y de la ingesta, especialmente para las raciones de los rumiantes.



Para los rumiantes, la fibra es una parte importante del metabolismo del rumen.

Como resultado de ello, estas fracciones de fibra han sustituido las formulaciones de la ración de fibra cruda (FC) en numerosas partes del mundo. Hoy en día, los valores de la FDA y la FDN se utilizan con frecuencia para calcular la cantidad de forraje que pueden digerir los animales, los nutrientes digeribles totales y otros valores energéticos, además del valor de pienso relativo (un índice que se utiliza para repartir el forraje correcto para el rendimiento específico del animal) para determinar el precio del heno y evaluar las capacidades de gestión del forraje, cosecha y almacenamiento.

El sistema detergente para el análisis del pienso lo desarrolló Peter Van Soest en el Departamento de agricultura estadounidense en la década de los 60 y es, hoy en día, uno de los conjuntos más importantes de ensayos de pienso de la nutrición de los rumiantes, aunque también cada vez más de la investigación de los no rumiantes.

El concepto subyacente al análisis de la fibra detergente es que las células vegetales se pueden dividir en paredes celulares menos digeribles (compuestas por hemicelulosa, celulosa y lignina) y en contenidos celulares principalmente digeribles (compuestos por almidón y azúcares) Estos dos componentes se pueden separar utilizando dos detergentes: uno neutro y uno ácido. La fibra detergente neutra es un buen indicador del volumen y, en consecuencia, de la ingesta de pienso.

Método Weende		Método Van Soest				
Ceniza cruda	Weende - inconveniente: La hemicelulosa y la lignina aparecen en las SELN contadas como CH disponibles Mejora →		Ceniza cruda			
Proteína cruda		Contenido celular	Proteína cruda			
Grasa cruda			Grasa cruda			
Carbohidratos			Sustancias extractivas libres de nitrógeno	Azúcar		
			Fibra cruda	Almidón		
		Pectinas				
		Resto orgánico				
		Pared celular	Hemicelulosa	FDN		
			Celulosa			FDA
			Lignina			LDA

Figura 1 La tendencia de la fibra cruda a la detergente.

La fibra detergente ácida es un buen indicador de la digestibilidad y, en consecuencia, de la ingesta energética.

En resumen, con el método van Soest, se realizaron mejoras para reducir los errores de las recuperaciones pobres de hemicelulosa y lignina. El método permite fraccionar secuencialmente las fracciones de fibra en FDN, FDA y LDA, Lignina detergente ácida (consulte la figura 1) y, en consecuencia, es un mejor método para calcular, por ejemplo, la ingesta energética de los animales procedente del pienso.

Algunas definiciones

Fibra cruda (FC): un método químico usado para describir la porción indigerible del material vegetal. Sin embargo, algunas de estas sustancias pueden ser digeridas parcialmente por microorganismos en el rumen del ganado. Cuanto más alto sea el contenido en fibra, menor será el contenido energético del pienso. No es un valor muy útil. La práctica de analizarlo en piensos para rumiantes va en declive, pero se sigue utilizando habitualmente para los animales monogástricos (por ejemplo, los cerdos).

Fibra detergente neutra (FDN): el valor de la FDN es la pared celular total que está compuesta por la fracción de la FDA más la hemicelulosa. Los valores de la FDN son importantes ya que reflejan la cantidad de forraje que puede consumir el animal. A medida que aumenta el porcentaje de la FDN, la ingesta de materia seca por lo general se reduce.

Fibra detergente ácida (FDA): el valor de la FDA hace referencia a las porciones de pared celular del forraje que están compuestas de celulosa y lignina. Estos valores son importantes porque tienen que ver con la capacidad de un animal para digerir el forraje. A medida que la FDA aumenta, se reduce la capacidad de digerir o la digestibilidad del forraje.

Lignina detergente ácida (LDA): La fracción de lignina de la FDA.

CAPÍTULO 2

Técnica de la fibra cruda y la detergente

La técnica de la fibra cruda

En el método denominado Weende (fig. 1), se determinan la proteína cruda, la grasa cruda y la ceniza cruda y después se pueden calcular la humedad y el contenido en carbohidratos por diferencia: Carbohidratos = cantidad total de la muestra - humedad - proteína cruda - grasa cruda.

- Historia:
Desarrollada en Möglin, Alemania (1806) por el químico Heinrich Einhof (1777-1808)
- Uso:
Evaluación de la calidad de los alimentos de origen vegetal en el comercio de pienso
- Contenido:
Sustancia indigerible: celulosa, hemicelulosa y lignina
- Extracción:
H₂SO₄ caliente (1,25 %, w/v) – elimina el azúcar libre, el almidón
NaOH/KOH caliente (1,25%, w/v) – elimina las proteínas, los sacáridos

Deficiencia:

Mucha de la hemicelulosa (hasta el 80 %) y de la lignina (50-90 %) se eliminan en las extracciones secuenciales alcalinas y del ácido.

Como resultado de ello, la fibra cruda se infravalorará

Además, se emplea la determinación de fibra cruda mediante hidrólisis ácida con un 1,25 % de H₂SO₄ para la extracción de azúcares y almidón, seguida de la

hidrólisis alcalina con un 1,25 % de NaOH, que elimina las proteínas y parte de la hemicelulosa y de la lignina (fig. 1). La fibra cruda se suele emplear habitualmente para evaluar la calidad de los alimentos de origen vegetal partiendo de la premisa de que constituye su parte menos digerible. Las sustancias extractivas libres de nitrógeno (SELN) se calculan obteniendo la diferencia (total) de los carbohidratos menos la fibra cruda.

Por término medio, el 80 % de la hemicelulosa o de los pentosanos y entre el 50 y el 90 % de la lignina se extraen con el ácido y con la extracción secuencial alcalina, mientras que la recuperación de celulosa se sitúa entre el 50 y el 80 %. Así, una gran parte de la hemicelulosa y de la lignina aparece en las sustancias extractivas libres de nitrógeno (SELN), que se contará como carbohidratos disponibles. Las SELN de la paja y de la hierba pueden contener hasta el 90 % de estas sustancias. Debido a la incapacidad del método de fibra cruda para recuperar sustancias



Las opciones de automatización pueden acelerar el análisis de la fibra, al mismo tiempo que hacen que sea más seguro y sistemático

indigeribles, las SELN aparecen como menos digeribles que la fibra cruda en un número significativo de casos. En el caso de las plantas y los cereales, el error es menor, debido al contenido relativamente más bajo de la hemicelulosa y la lignina. Sin embargo, puede resultar importante.

La técnica de la fibra detergente

Han sido diversos los intentos para sustituir el método de fibra cruda por otro sistema de análisis que ofrezca una mejor caracterización de la fracción menos nutritiva

Historia: Desarrollado en 1963 en la Universidad de Cornell por el Dr. Peter J. Van Soest

Parámetro: Fibra detergente neutra (FDN)

- Celulosa
- Hemicelulosa
- Lignina

Extracción de la FDN:

- Termoestable α -amilasa – hidroliza el almidón
- Lauril sulfato de sodio (SLS) - forma complejos solubles con las proteínas
- Trietilenglicol – elimina el material soluble no fibroso
- EDTA – evita la formación de matrices de calcio-pectina insolubles y, así, disuelve la pectina
- Borato y tampón fosfato – mantienen un pH 7 y evitan la hidrólisis de la hemicelulosa

de los alimentos. El que más éxito ha cosechado ha sido el concepto de fibras detergentes, desarrollado por van Soest y sus colegas.

En un primer paso, la muestra se trata con una solución detergente neutra (SDN) y se aclara con amilasa termoestable para hacer que los azúcares, el almidón y las pectinas seansolubles. Los residuos restantes están compuestos por las sustancias no digeribles, o menos digeribles, de la pared celular (hemicelulosa, celulosa y lignina). En un segundo paso, se hace que la hemicelulosa sea soluble, mediante el uso de un disolvente ácido detergente (DAD). El residuo, que contiene celulosa y lignina, se trata a continuación con ácido sulfúrico concentrado, disolviendo así la celulosa y dejando la lignina en el residuo. Estos pasos se pueden llevar a cabo de manera consecutiva o separada para determinar la fibra detergente neutra (FDN), la fibra detergente ácida (FDA) y la lignina detergente ácida (LDA).



En el caso de los animales monogástricos, la creación de la proporción adecuada de las fracciones de fibra aumenta el uso del pienso compuesto.

Visión de conjunto de los estándares mundiales

En el campo de los estándares, se han producido desarrollos para estar a la altura de las tendencias del análisis de la fibra pero, de forma inevitable, de forma algo retrospectiva.

El desarrollo más reciente digno de mención es un nuevo estándar internacional para la fibra detergente ácida, publicado en 2008, que complementa un estándar existente para la fibra detergente neutra. El nuevo estándar se llama "EN ISO 13906:2008 Animal feeding stuffs – Determination of Acid Detergent Fibre (ADF) and Acid Detergent Lignin (ADL) contents" (Alimentos para animales - Determinación de los contenidos en fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA)).

La importancia de esto es que, mientras sigue el debate sobre los métodos de análisis, ahora disponemos de un estándar de escala mundial para la FDA y la LDA al que referirnos, junto con la establecida fibra cruda. De esta manera, los actores que conforman el panorama del sector del pienso pueden conseguir unos resultados que son válidos en todo el mundo. Esto es especialmente pertinente para el etiquetado y la comercialización de la materia prima del pienso y del pienso compuesto.

Para las etiquetas del pienso para rumiantes:

Garantías de FDA y FDN

Para las etiquetas del pienso para no rumiantes:

Garantías de FC

Para las etiquetas del pienso para rumiantes y no rumiantes:

Garantías de FDA, FDN y FC

Puede encontrar más información sobre el estándar FDA y los resultados del estudio en los que se basa en este libro blanco llamado: Animal feeding stuff: "Global Standard for the Determination of Acid Detergent Fibre (ADF) and Lignin" (Alimentos para animales: Estándar internacional para la determinación de la fibra detergente ácida (FDA) y la lignina), del Dr. Jürgen Møller en 2008.

[Lea más aquí](#)

Visión de conjunto de los estándares internacionales:

El desarrollo del estándar de 2008 nos proporciona ahora un conjunto de estándares internacionales para la FC, la FDN, la FDA y la LDA

La norma EN ISO 6865 (AOAC 978.10) hace referencia al Análisis de la fibra cruda (FC) en el pienso, describe un procedimiento analítico basado en el método de crisol o Fibertec™.

La norma EN ISO 16472 (AOAC 2002:04) hace referencia al análisis de fibra detergente neutra (FDN) en el pienso, describe un procedimiento analítico basado en el método de crisol o Fibertec™.

La norma EN ISO 13906 (AOAC 973.18) hace referencia al análisis de fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA) en el pienso, describe un procedimiento analítico basado en el método de crisol o Fibertec™.

Estándar internacional relacionado para medir la fibra con NIR

Para el análisis de infrarrojo cercano en el análisis rutinario de la fibra con una calibración fiable frente a los métodos de referencia, también hay directrices que seguir en la norma "ISO 12099: Alimentos para animales, cereales y productos de cereales molidos - Directrices para la aplicación de la espectrometría de infrarrojo cercano."

Aquí se proporcionan las definiciones y las directrices, incluido cómo se deberían comprobar las calibraciones frente a las mediciones de referencia (sección 11). Esto no indica con exactitud qué método utilizar, pero las directrices proporcionan una referencia internacional común.



Los estándares son especialmente relevantes para el etiquetado de la materia prima del pienso y el pienso compuesto para su comercialización.

CAPÍTULO 4

La importancia de la automatización: velocidad, seguridad y reducción de la ocasión de producirse errores

Además de los métodos y estándares, otro aspecto importante del análisis de la fibra es la posibilidad de automatizar los pasos que lo componen. Para ilustrar esto, en el siguiente ejemplo basado en un método clásico para fibra cruda se muestra el ahorro de tiempo normal por paso.

Solución anterior líder del mercado*	¿CUANTO TIEMPO TARDA?	Fibertec™ 8000
0,5 min.	Introduzca los crisoles	0,5 min.
–	Elija el programa y empiece	1 min.
6 min.	Añada el ácido, el agente antiespumante y la muestra heterogénea	–
9 min.	Calentar hasta hervir, mantener a ebullición suave.	–
10 min.	Drenaje y aclarado	–
6 min.	Añada el agente alcalino, el agente antiespumante y la muestra heterogénea	–
9 min.	Calentar hasta hervir, mantener a ebullición suave.	–
10 min.	Drenaje y aclarado	–
0,5 min.	Extraiga los crisoles	0,5 min.
51 min.	TIEMPO TOTAL OPERARIO	2 min.

* Fibertec™ 2010 de FOSS

El equipo totalmente automatizado, en comparación con el manual (reflujo en los vasos de precipitación), reduce también los potenciales errores humanos y mejora la seguridad, al contener la muestra a lo largo de todos los procedimientos, y minimizar la manipulación de reactivos, garantizando así un filtrado rápido y eficiente.

Opciones de automatización: crisol vs. filtro

Hasta aquí, hemos hecho un repaso por un fragmento de la historia del análisis de la fibra, los pasos que hay que dar para determinar la fibra cruda y la detergente y los estándares mundiales, todo ello, esperemos, de manera bastante clara. Sin embargo, cuando empezamos a analizar los distintos métodos para automatizar el procedimiento, las aguas se enturbian enseguida debido a los enfoques opuestos.

La fibra se determinó primero llevando a ebullición un material de prueba en un vaso de precipitación y filtrándolo por un crisol Gooch. Son muchos los laboratorios que siguen utilizando este método. Tecator introdujo el sistema de extracción Fibertec® en 1976. Este sistema permite la digestión y el filtrado secuencial, de forma simultánea, de seis porciones de prueba, eliminando así la necesidad de transferir la solución a un crisol de filtrado.

Una alternativa es el denominado sistema de bolsa de filtro. ANKOM introdujo su sistema en 1992. Este sistema permite determinar hasta 24 porciones de prueba colocadas en bolsas de filtro en un hervidor presurizado. Gerhardt fue el siguiente, con su sistema Fibretherm, que permite la determinación simultánea de 12 porciones de prueba colocadas en bolsas de filtro en un hervidor de reflujo.

En la metodología de la bolsa de filtro, las muestras de pienso se colocan en el interior de bolsas de filtro de poliéster y se tratan en su interior con una solución detergente ácida (bromuro de cetiltrimetilamonio). El residuo de la muestra tratada se considera la FDA. El enfoque de la bolsa de filtro puede ofrecer un importante impulso del rendimiento del laboratorio. Más concretamente, algunos equipos permiten el procesamiento de hasta 24 muestras a la vez.

Al ofrecer las soluciones del método de crisol automatizadas el procesamiento de tan solo seis muestras, pueden parecer, al menos sobre el papel, mucho más lentas. Sin embargo, cuando se tienen en cuenta las opciones de automatización, el panorama cambia. El tiempo para obtener los resultados de una muestra individual es comparable y cuando se utiliza una solución totalmente automatizada, desemboca en un importante ahorro de tiempo para el operario en el laboratorio en comparación con el método de bolsa de filtro semi-automatizado.

Un operario puede cargar literalmente un conjunto de hasta seis muestras, pulsar el botón de inicio e irse. El tiempo real del operario es tan corto como dos minutos y el equipo hasta se puede dejar funcionando por la noche. Si desea saber más, consulte la comparación del ahorro de tiempo en el capítulo 5 y el caso real en vídeo del capítulo 6.



Con un método de crisol automatizado, un operario puede cargar literalmente un conjunto de hasta seis muestras, pulsar el botón de inicio e irse.

Diferencias en los resultados de algunos tipos de muestras

Se han evaluado distintos métodos para la determinación de fibra partiendo del análisis de los resultados obtenidos en el programa de ensayos de aptitud (o PTS, por sus siglas en inglés) de la AAFCO (Association of American Feed Control Officials, Asociación americana para el control del pienso, www.aafco.org). Se encontraron diferencias significativas en los valores de FDA y de FDN recopilados para la muestra sustitutiva de ternera entre los valores de Fibertec y los valores del método con bolsa de Ankom. Asimismo, los valores recopilados para la FDN para la muestra de concentrado proteínico de maíz ponen de manifiesto diferencias significativas.

[Lea más aquí](#)

Métodos y estándares

Quizás la consideración más importante sea el aspecto relativo a los estándares.

A pesar de que las bolsas de filtro con un tamaño de poro estandarizado han alcanzado aceptación internacional, lo que sienta las bases para unos resultados válidos de la fibra a escala mundial es la aceptación oficial del método de crisol (consulte el capítulo 3). Esto es especialmente pertinente para el etiquetado y la comercialización de la materia prima del pienso y del pienso compuesto.

Por lo tanto, una de las consideraciones a la hora de evaluar los métodos para determinar la fibra es no sólo la recuperación de los residuos vegetales no digeribles, sino también el rendimiento analítico de los métodos y su estatus oficial. A pesar de que los métodos alternativos permiten el procesamiento de mayores volúmenes de muestras, el seguimiento de los métodos oficiales resulta obligatorio en caso de disputas y a efectos del etiquetado. Además, las opciones de automatización para los métodos oficiales contribuyen con mayor fiabilidad, a la vez que posibilitarían un uso más eficaz de los recursos.

CAPÍTULO 6

El análisis de la fibra automatizado como referencia para el análisis rutinario con NIR



Un nuevo sistema para el análisis de la fibra totalmente automatizado muestra cómo la automatización máxima y la intervención humana mínima ayudan a hacer que un análisis de referencia de la fibra más sistemático. A su vez, los datos de referencia estables pueden ayudar a mejorar las calibraciones del instrumento NIR.

Los seres humanos somos buenos en muchas cosas, pero cuando se trata del análisis de referencia repetido de la fibra en un laboratorio, un sistema automatizado resulta más sistemático. Para cada uno de los análisis, las cosas se hacen en el orden correcto, en el momento correcto y exactamente con los ajustes de temperatura correctos y la misma dosificación de disolventes y productos químicos.

Esta sistematicidad resulta especialmente importante si el análisis es el pilar del control de calidad con NIR, como es el caso en el ajetreado laboratorio de ADM en Europoort, en los Países Bajos.

Con la intención de mejorar la sistematicidad del análisis de referencia, el laboratorio ha estado utilizando un sistema Fibertec 8000 totalmente automatizado para el análisis de la fibra en la harina de soja. La idea es sustituir, llegado el momento, un sistema manual obsoleto que implica mucha mano de obra, además de ser totalmente asistemático. "Con este nuevo sistema, planeamos reducir los errores del laboratorio para que los datos sean más sistemáticos y podamos utilizarlos para los datos de referencia en nuestras calibraciones NIR," afirma Jeffrey Smith, Director de laboratorio. "El objetivo de nuestra producción es fabricar lo más cerca de los límites de nuestras especificaciones y, para ello, necesitamos contar con una desviación estándar muy baja para que la producción tenga la ocasión de alcanzar esa especificación."

Vea el vídeo aquí:



CAPÍTULO 7

Opciones para el análisis de la fibra de FOSS



Serie Fibertec 8000

Fibra cruda (FC), Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente ácida (FDA) y Lignina detergente ácida (LDA).

La solución Fibertec™ 8000 proporciona resultados de métodos oficiales (ISO, AOAC), con la solución para el análisis de fibra más segura que encontrará en el mercado para fibra cruda, FDA, LDA y FDN en el pienso, los ingredientes del pienso, forraje, alimento para mascotas, grano, cereal y semillas oleaginosas.

La posibilidad de medir hasta seis muestras a la vez sin tener que estar vigilando el instrumento permite a su personal dedicarse a otras tareas (incluso se puede dejar funcionando durante la noche).

Tiempo de análisis total de 2 horas, tiempo del operario 2 minutos.



NIR™ DS2500 F

Analizador de infrarrojo cercano (NIR) que ofrece una medición rápida y directa de fibra cruda en muestras de pienso y de ingredientes del pienso, molidos o sin moler. Se pueden desarrollar modelos avanzados para parámetros tales como la FDN y la FDA. Tiempo de análisis: 30 segundos.

Descubra más sobre
NIR™ DS2500 F