



Тематическая статья FOSS

Сравнение методов определения клетчатки в продуктах питания и кормах

Эта тематическая статья содержит обзор различных методов определения клетчатки, а также их относительных характеристик в анализе кормов для животных на базе результатов, полученных в рамках программы квалификационного тестирования Американской ассоциации государственного контроля за качеством кормов для животных.

Автор: Д-р Юрген Мёллер

Сырая клетчатка

В так называемом методе Веенде (рис. 1) определяются сырой белок, сырой жир и сырая зола, а влагу и содержание углеводов можно затем рассчитать по разности: Углеводы = полный образец – влага – сырой белок – сырой жир.

Кроме того, определение сырой клетчатки кислотным гидролизом в 1,25 % H_2SO_4 используется для экстракции сахара и крахмала; затем производится щелочной гидролиз в 1,25 % $NaOH$, который удаляет белки, часть гемицеллюлозы и лигнина (рис. 2). Сырая клетчатка обычно используется для оценки качества пищевых продуктов растительного происхождения исходя из того, что она представляет их наименее удобоваримую фракцию. Безазотистые экстрактивные вещества (NFE) рассчитываются как разность: (общее) содержание углеводов минус сырая клетчатка.

Хотя метод был разработан в начале XIX века, многие оценки пищевой ценности овощей и кормов по-прежнему рассчитываются на основе метода Веенде и значений сырой клетчатки, несмотря на несколько проблем с методом сырой клетчатки для оценки количества волокон или стенок клеток растений.

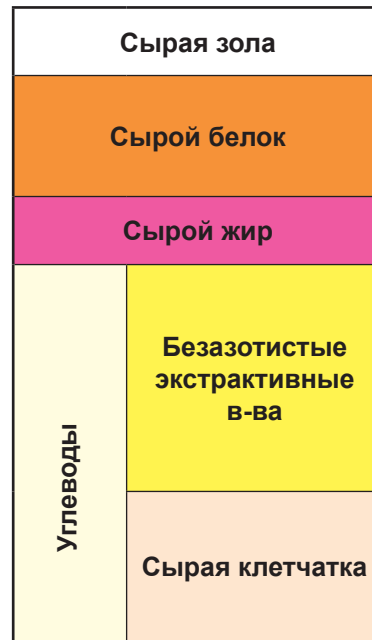


Рис. 1, Метод Веенде.

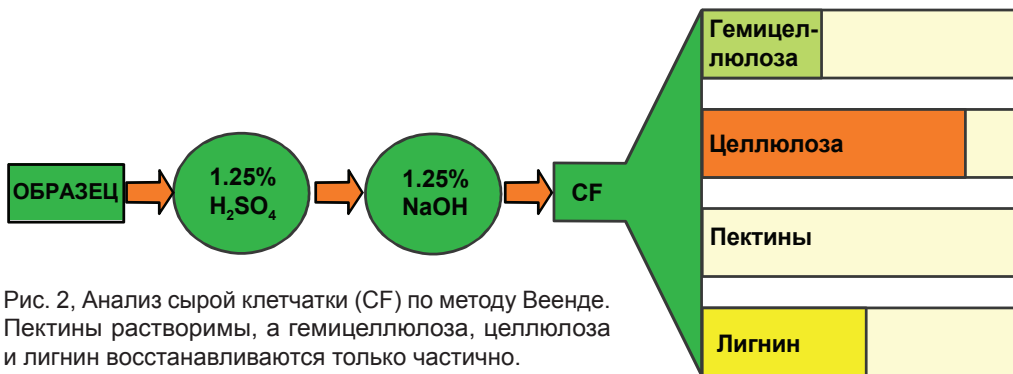


Рис. 2, Анализ сырой клетчатки (CF) по методу Веенде. Пектины растворимы, а гемицеллюлоза, целлюлоза и лигнин восстанавливаются только частично.

В среднем 80 % гемицеллюлозы и пентозаны и от 50 до 90 % лигнина удаляются при последовательной кислотной и щелочной экстракции, в то время как восстановление целлюлозы составляет 50-80 % (рис. 2). Таким образом, большая часть гемицеллюлозы и лигнин появляется в безазотистом экстрактивном веществе (NFE) и засчитывается как доступные углеводы (рис. 1). NFE соломы и травы может содержать даже до 90 % этих веществ (1). Из-за невозможности восстановления труднопереваримых веществ методом сырой клетчатки в значительном числе случаев NFE является менее усвояемым, чем сырая клетчатка. Для овощей и злаков ошибка меньше из-за относительно низкого содержания гемицеллюлозы и лигнина. Однако она может быть существенной.

Детергентная клетчатка

Предпринимались различные попытки заменить метод сырой клетчатки системой анализа, лучше характеризующей менее питательную фракцию пищи. Наиболее успешной была концепция детергентной клетчатки, разработанная ван Соестом и коллегами (1), см. рис. 3 и 4.

На первом этапе образец обрабатывается раствором нейтрального детергента (NDS) и промывается теплостойкой амилазой, чтобы сделать растворимыми сахара, крахмалы и пектины. Полученный остаток состоит из неусваиваемых или мало усваиваемых веществ клеточных стенок – гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина. На втором этапе гемицеллюлоза делается растворимой с использованием кислотного детергентного растворителя (ADS). Затем осадок, состоящий из целлюлозы и лигнина, обрабатывается концентрированной серной кислотой, растворяющей целлюлозу и оставляющей в осадке лигнин. Эти этапы могут выполняться последовательно или по отдельности для определения нейтрально детергентной клетчатки (NDF), кислотно детергентной клетчатки (ADF) и кислотно детергентного лигнина (ADL).

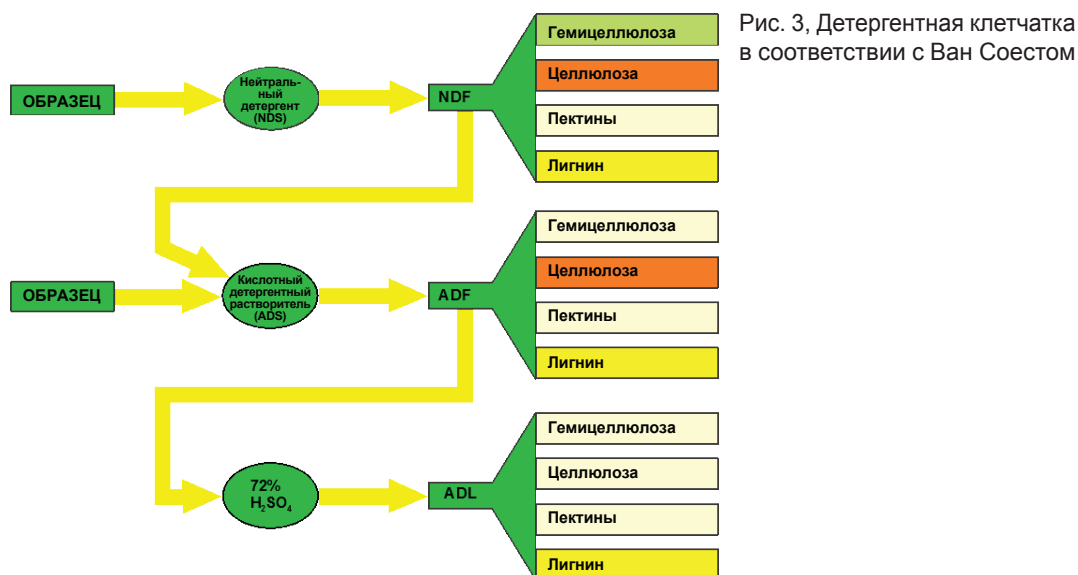


Рис. 3, Детергентная клетчатка в соответствии с Ван Соестом

	Сырая зола			
Содержимое клеток	Сырой белок			
	Сырой жир			
	Сахар			
	Крахмал			
	Пектины			
	Органический остаток			
Стенки клеток	Гемицеллюлоза	NDF	ADF	ADL
	Целлюлоза			
	Лигнин			

Рис. 4, Метод Веенде, модифицированный согласно Ван Соесту

Глобальные стандарты

Недавно в журнале *FOSS In Focus* были представлены некоторые новые глобальные стандарты для NDF (2) и ADF/ADL (3). В обоих используется так называемый метод Fibertec (или тигельный).

Критерием для оценки методов определения клетчатки является не только восстановление трудноперевариваемых растительных остатков, но и аналитические характеристики методов и их официальный статус. Для определения сырой клетчатки может применяться множество методов, но лишь немногие достигли статуса международного стандарта (см. таблицу 1). ISO 5498 описывает общий метод, а ISO 6541 – метод для некоторых продуктов питания. ISO 12099 дает рекомендации по применению NIR-спектрометрии и подчеркивает важность использования проверенных стандартных методов для калибровки и проверки NIR-методов. Один из самых распространенных методов – это так называемый метод Fibertec (или тигельный) согласно ISO 6865, который также был принят в качестве официального метода в Европейском союзе (4).

ISO 5498:1981	Сельскохозяйственные пищевые продукты Определение содержания сырой клетчатки – Общий метод
ISO 6541:1981	Сельскохозяйственные пищевые продукты Определение содержания сырой клетчатки – Модифицированный метод Шаррера
ISO 12099:2010	Корма для животных, зерновые и молотые зерновые продукты Рекомендации по применению спектрометрии ближнего ИК-диапазона
ISO 6865:2000	Корма для животных Определение содержания сырой клетчатки – Метод с промежуточной фильтрацией

Таблица 1, Международные стандарты для определения сырой клетчатки

Оценка методов для кормов для животных

Различные методы для определения клетчатки оценивались путем анализа результатов программы квалификационного тестирования (PTS) Американской ассоциации государственного контроля за качеством кормов для животных (www.aafco.org). Включая около 300 участвующих лабораторий, представивших данные о сотнях различных методов и параметров, AAFCO PTS является одной из наиболее полных программ квалификационного тестирования. В таблице 2 показаны различные методы определения клетчатки, о которых сообщалось в этой программе, с кодом отчета AAFCO в первом столбце.

Для этого исследования отбирались образцы PTS 2011 г., как показано в таблице 3. Изучались присвоенные значения для различных методов, основанные на надежных статистических данных и их стандартных отклонениях. Оценено несколько тысяч представленных данных.

В среднем около 130 лабораторий (100 %) представили данные для сырой клетчатки для 12 образцов, в то время как 33 % также представили данные для ADF и 27 % – для NDF. Значимость различий между методами была определена как абсолютное отличие между результатами для соответствующих методов, деленное на стандартное отклонение. Если это значение превышало 3, можно было утверждать о существенном отличии.

Код ААFCO	Стандарт	Описание
004.00	AOAC 962.09 ISO 5498:2000	Сырая клетчатка, старый общий метод
004.01	AOCS Ва6-84	Метод однократной фильтрации
004.03	AOAC 978.1	Метод с фриттованным стеклом
004.06	ISO 6865 : 2000	Метод Fibertec
004.07	AOCS Ва6а-05	Метод ANKOM
004.11	ISO 12099:2010	NIR-анализ
004.99	нестандартная сырая клетчатка	Прочие методы
008.02	AOAC 973.18 ISO 13906:2008	Кислотно детергентная клетчатка, стандартный метод
008.05	нестандартный ADF	Метод кислотно детергентной размельченной клетчатки
008.08	нестандартный ADF	Кислотно детергентная клетчатка, метод ANKOM
008.99	нестандартный ADF	Прочие методы
009.04	нестандартный NDF	Методы без ферментов. Предварительная обработка.
009.07	AOAC 2002.04 ISO 16472:2006	Нейтрально детергентная клетчатка с ферментами. Предварительная обработка. Стандартный метод
009.09	нестандартный NDF	Метод ANKOM
009.99	нестандартный NDF	Прочие методы

Таблица 2, Оцененные методы. Стандартные методы показаны жирным текстом, глобальные официальные методы подчеркнуты

№ ААFCO	Образец квалификационных испытаний	CF	Различие Ftec - Ankom	Значимость (откл./ст.откл)	Погрешность, отн. ст. откл. %
201121	Ростовой гранулированный концентрат для поросят	3,75	0,39	1,40	11,80
201122	Стартер для поросят старшего возраста	2,74	0,03	0,10	15,90
201123	Стартер для новорожденных поросят	2,48	0,08	0,20	16,00
201124	Стартер для ягнят	6,25	0,39	0,90	8,00
201125	Сухой корм для собак	4,65	0,18	0,50	11,10
201126	Стартер для цыплят	3,98	0,25	0,70	8,30
201127	Заменитель молока для телят	0,25	-0,29	-1,50	78,30
201128	Специальная партия корма для коров	9,15	-0,93	-1,20	8,50
201129	Стартер для поросят	2,28	0,19	0,70	15,80
201130	Стартер для цыплят	3,44	0,30	1,00	9,50
201131	Кукурузный белковый концентрат	1,28	0,22	1,10	16,20
201132	Ростовой концентрат для поросят	3,11	0,15	0,50	10,30

Таблица 3, Изученные образцы и средние результаты для сырой клетчатки (CF), нейтрально детергентной клетчатки (NDF) и кислотно детергентной клетчатки (ADF)

За некоторыми исключениями, в данном исследовании эти значения были меньше 1, то есть не наблюдалось никакого существенного различия между методами. Это свидетельствует о том, что наиболее распространенные методы, используемые в настоящее время, являются устойчивыми и надежными.

Средняя значимость различий для сырой клетчатки составляет 0,2 для ADF и 0,3 для NDF. Среднее относительное стандартное отклонение сообщаемых результатов составило около 10 %.

Были обнаружены значительные различия в представленных значениях ADF и NDF между образцом заменителя цельного молока для телят между методами

Fibertec и пакетным методом Ankom. Однако представленные значения были довольно низкими, ниже пределов количественной оценки для этих методов.

Для образца из специальной партии корма для крупного рогатого скота сообщалось о значительно более высоких значениях для Fibertec, чем для пакетного метода Ankom. Для ADF сообщалось о 13,6 против 11,9 % и для NDF 22,5 против 20,8 %. Причина расхождений не понятна.

Также представленные значения NDF для образца кукурузного белкового концентрата показывают существенные различия.

Заключение

Хотя альтернативные методы могут быть быстрее и позволяют обрабатывать большее количество образцов, применение официальных методов является обязательным в случае споров и для целей маркировки. Возможности автоматизации официальных методов еще более повышают их надежность и обеспечивают высокую эффективность потребления ресурсов.

Литература:

- (1) Van Soest, P.J. and McQueen, R.W.: *The chemistry and estimation of fibre*, Proc. Nutr. SOC. (1973), vol. 32, p 123-130
- (2) Möller, J.: *Feed Control – New Standard for Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fibre (aNDF)*, In Focus, Vol. 29, No 2, 2005, p 12-14
- (3) Möller, J.: *Animal feeding stuff - Global Standard for the Determination of Acid Detergent Fibre (ADF) and Lignin*, In Focus, Vol. 32, No 2, 2008, p 22-24
- (4) ПОСТАНОВЛЕНИЕ КОМИССИИ (ЕС) № 152/2009 от 27 января 2009 года, устанавливающее методы отбора проб и анализа для официального контроля кормов, опубликовано 26.02.2009 в Официальном журнале Европейского союза L 54/1.

FOSS

FOSS, Представительство в
РФ - ООО «Фосс Электрик»
ул.Новорязанская
д.31/7, кор.24
105066 Москва
Россия

Tel.: +7 495 640 7610
Fax: +7 495 640 7611

Russia@foss.dk
www.foss.ru