

# Определяем долю селена в добавках для животных

## Содержание органического и неорганического селена в продуктах на основе дрожжей

**Мохаммед Амин ХАЧЕМИ**, доктор ветеринарных наук, руководитель научно-исследовательских проектов в области кормления животных  
**Микаэль БРАЙНС**, доктор философии, менеджер по исследованиям и разработкам в области применения антиоксидантов  
**Мишель де МАРКО**, доктор философии, категоричный менеджер по глобальным закупкам в области применения антиоксидантов  
*Компания Adisseo*

**В течение многих лет эффективность продуктов на основе органического селена, в частности дрожжевых, связывали с уровнем селенометионина. Концентрация и форма селена — главные факторы, характеризующие биодоступность продукта. Нормативный минимальный уровень общего селена в форме органического селена в продуктах на основе дрожжей с селеном варьирует от 97 до 99%, селенометионина — 63%. Применяя усовершенствованные аналитические методы, специалисты могут определять дополнительную форму неорганического селена, то есть количество элементарного селена, который ранее в продуктах не выявляли. Ученым удалось установить дополнительные различия между селеном в органической и неорганической форме в дрожжах, выращенных на обогащенной селеном среде. Поэтому теперь для получения точной оценки переменного состава дрожжей с селеном следует учитывать содержание в них элементарного селена. У специалистов могут возникать вопросы, связанные с классификацией разных форм селена и его пищевой ценностью. Рассмотрим наиболее значимые факторы.**

### Необходимый микроэлемент

Селен — важный микроэлемент в питании животных, так как он играет ключевую роль в процессах антиоксидантной защиты, формировании иммунитета и модуляции воспаления. Во всем мире в большинстве кормовых компонентов содержится недостаточно селена, а значит, использование продуктов с селеном — стандартная коммерческая практика. В премиксы включают микроэлемент в разных формах: обладающий очень низкой биологической эффективностью неорганический селен (преимущественно селенит натрия), органический селен (инактивированные

дрожжи с селеном), и химически синтезированный чистый селен (селенометионин — SeMet, гидроксиселенометионин — OH-SeMet), обладающий высокой биологической эффективностью.

Известно, что содержание селенометионина в значительной степени варьирует в препаратах дрожжей разных производителей и даже в разных партиях этого продукта (*Фаган и др.*, 2015). Процесс производства дрожжей (в основном *Saccharomyces cerevisiae*) с селеном включает их выращивание на субстрате с неорганическим селеном. Дрожжи синтезируют определенное количество селенометионина в органической фор-

ме, который неспецифически встраивается в дрожжевые белки.

Технология производства дрожжей с селеном — процесс достаточно сложный, а результативность синтеза селенометионина и его включения в дрожжевые белки зависит от условий брожения, штамма дрожжей, протокола добавления селена, базовой среды, источников энергии (патока), pH, температуры, скорости встряхивания, аэрации, размера инокулята, времени инкубации и концентрации неорганического селена (высокотоксичное вещество). Контроль перечисленных факторов сложно стандартизировать, чем и объясняется большая вариабельность эффективности процесса.

Такая изменчивость приводит к большим колебаниям содержания селенометионина в продуктах и биодоступности микроэлемента для сельскохозяйственных животных (*М. де Марко и др.*, 2021). В ходе проведенных недавно исследований ученые с помощью современных аналитических методов изучили состав селена в 13 новых коммерческих образцах дрожжей с селеном, взятых из разных партий (CNCM I-3060, CNCM I-3399, NCYC R397, NCYC R645 и NCYC R646).

Эти продукты с селеном разрешены к применению в качестве кормовых добавок. В спецификации должно быть указано, что в продукте содержится не менее

97% селена в органической форме от общего количества микроэлемента и не менее 63% селена в виде селенометионина.

### Доля селенометионина в дрожжах с селеном по-прежнему сильно различается

О высокой вариабельности содержания селенометионина в дрожжах с селеном известно давно. Действительно, в нескольких рецензируемых изданиях, а также в авторизованных заключениях есть информация о том, что диапазон вариабельности может составлять 50–75% (П. Сурай и др., 2018). Новая оценка свежеприготовленных продуктов подтвердила, что доля селенометионина различается, хотя общая концентрация селена в исследованных образцах дрожжей с селеном полностью соответствовала данным на этикетке.

Было установлено, что в кормовых добавках на основе дрожжей с селеном доля селенометионина варьирует от 19 до 72% (рис. 1). При этом в спецификации было указано, что минимальное содержание микроэлемента в форме селенометионина составляет 63%. В 8 из 13 продуктов на основе дрожжей с селеном содержание общего селена в форме селенометионина оказалось менее 63%, что не соответствовало спецификации. Только в пяти образцах продуктов минимальный уровень селенометионина был выше заявленного производителем. О факторах, влияющих на вариабельность этого показателя, мы упоминали.

### Содержится ли селеноцистеин в дрожжах с селеном?

В отличие от высших организмов у дрожжей нет генов, кодирующих селенопротеины, — биологически функциональные формы селена, специфичность которых заключается в том, что они содержат аминокислоту селеноцистеин. Недавно было установлено, что часть селенометионина, присутствующего в дрожжах с селеном, также может быть неспецифически ориентирована на транс-сульфирование. Это приводит к неспецифическому включению селеноцистеина в белки дрожжей.

Применяемые в кормлении животных продукты с селеноцистеином усваиваются хуже, чем продукты с селенометионином, к тому же их невозможно использовать непосредственно в процессе синтеза селенопротеина (причи-

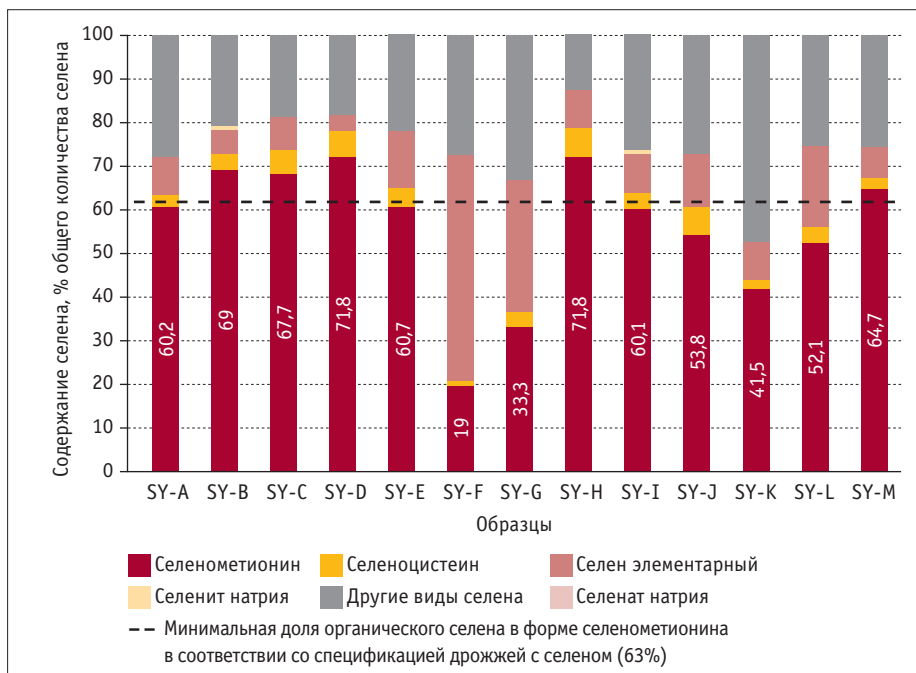


Рис. 1. Содержание селена в разных формах в образцах кормовых добавок дрожжей с селеном

на — обязательный механизм синтеза селенопротеина *in situ*).

Фактически было доказано, что биоэффективность алиментарного селеноцистеина такая же, как биоэффективность селенита натрия (М. де Марко и др., 2021). В дрожжах с селеном доля селеноцистеина обычно варьирует от 10 до 22%. Однако данные последних исследований свидетельствуют о том, что в изучаемых продуктах содержалось 1,2–6,6% селеноцистеина (см. рис. 1).

### Содержание других видов органического селена в коммерческих продуктах

В спецификациях продуктов, представленных сегодня на рынке, указано, что дрожжи с селеном содержат 97–99% органического селена, причем на долю селенометионина приходится 63%. Остальные виды органического селена обычно классифицированы как селеноцистеин, водорастворимые метаболиты селена и неизвестные виды этого микроэлемента (многие из таких органических соединений селена были охарактеризованы в процессе изучения состава различных продуктов на основе дрожжей с селеном).

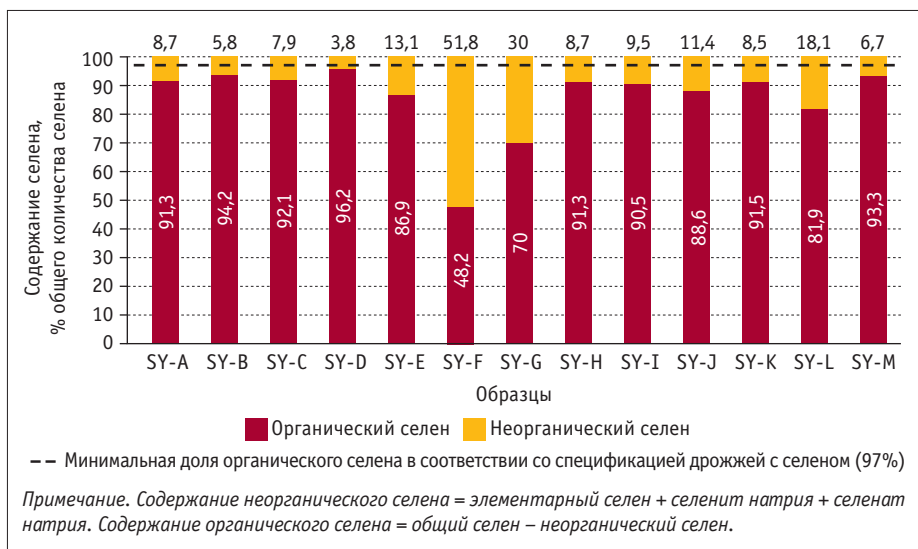
Считается, что в дрожжах с селеном может содержаться более 100 качественно охарактеризованных видов селена, однако даже при наличии передовых аналитических технологий массовый баланс

идентифицированных органических соединений селена и предполагаемого количества общего органического селена пока определить не удалось. Следовательно, необходимо проводить исследования по количественной и качественной оценке других видов селена. Применяя аналитические методы, специалисты установили, что в дрожжах с селеном уровень неорганического селена намного выше, чем предполагали ранее.

### Количественное определение доли классических видов неорганического селена в продуктах на основе дрожжей с селеном

Принято считать, что дрожжи с селеном содержат только остаточные концентрации неорганического селена в виде селенита или селената натрия. Это подтвердили результаты исследований 13 образцов дрожжей с селеном (см. рис. 1). До сих пор в дрожжах с селеном учитывали только долю общего селена, селенометионина и неорганического селена (селенита и селената натрия). Благодаря использованию новых аналитических методов специалисты пересматривают количество и соотношение форм неорганического селена. Например, в продуктах выявили элементарный селен (вид неорганического селена). Его наличием и было обусловлено присутствие так называемых неизвестных видов селена.

Содержание элементарного селена в коммерческих продуктах на основе дрожжей с селеном		
Образец	Концентрация	
	мг/кг	% общего содержания селена
ДС-А	206	8,7
ДС-В	116	5,5
ДС-С	156	7,7
ДС-Д	73	3,6
ДС-Е	247	13
ДС-Ф	664	51,8
ДС-Г	641	29,9
ДС-Н	196	8,6
ДС-И	255	9,1
ДС-Ж	345	11,4
ДС-К	177	8,4
ДС-Л	377	18,1
ДС-М	139	6,7



**Рис. 2. Содержание органического и неорганического селена в коммерческих продуктах на основе дрожжей с селеном**

В дрожжах с селеном концентрация органического селена рассчитывали как разность между содержанием общего селена и неорганического селена, представленного селенитом или селенатом натрия. В научной литературе появились сообщения о том, что в дрожжах с селеном был обнаружен элементарный селен и точно определено его количество. Идентифицированный элементарный селен представляет собой дополнительную неорганическую форму селена.

А. Вачина и соавт. в 2021 г. разработали высокоточный метод количественного определения концентрации элементарного селена в дрожжах с селеном. Ученые установили, что в семи изучаемых продуктах на основе дрожжей с селеном доля элементарного селена составляла 10–15% общего количества этого микроэлемента, а в некоторых образцах достигала 40%. Данные исследований, проведенных нами таким же методом, показали, что в 13 коммерческих продуктах на основе дрожжей с селеном доля элементарного селена варьировала от 3,6% до 51,8% (таблица).

С учетом суммы неорганических соединений селена (селенит или селенат натрия) и элементарного селена был сделан вывод о том, что во всех изучаемых продуктах доля органического селена была намного ниже, чем заявлено в спецификации (97%). Показатели, характеризующие содержание органического и неорганического селена в различных коммерческих продуктах дрожжей с селеном, представлены на рисунке 2.

Следует учитывать, что в процессе производства дрожжей с селеном используют сложную ферментационную смесь, а селенит натрия (его применяют в качестве источника селена при производстве дрожжей с селеном) может восстанавливаться до элементарного селена под действием различных восстановителей. Это означает, что такая реакция с большой долей вероятности произойдет.

Применяя новые аналитические методы, производители дрожжей с селеном могут определять в них концентрацию элементарного селена и указывать полученные данные в спецификации. Таким способом достигается прозрачность в отношении всех форм селена, содержащегося в продуктах на основе дрожжей с селеном.

Кроме того, было установлено, что органические источники чистого селена (в том числе SeMet, Zn-SeMet и OH-SeMet) не содержат элементарного селена. При использовании в кормлении животных продуктов — органических источников чистого селена — микроэлемент попадает в организм только в виде селенометионина, что способствует созданию запасов селена.

Благодаря этому сельскохозяйственные животные легче переносят стресс и быстрее адаптируются к новым условиям. Включение в рационы органических источников чистого селена позволяет поддерживать здоровье поголовья, а также повысить его продуктивность и улучшить воспроизводительную способность.

### Подведем итоги

Итак, достижения в сфере аналитических методологий помогают более точно и всесторонне оценивать продукты на основе дрожжей с селеном: в них можно определить долю неорганического элементарного селена и тем самым объяснить наличие неизвестных ранее разновидностей этого микроэлемента.

Результаты исследований говорят о том, что в продуктах на основе дрожжей с селеном содержится менее 97% органического селена от его общего количества. Это означает, что в продуктах на основе дрожжей с селеном необходимо пересмотреть долю неорганического селена и дать полную характеристику органических соединений микроэлемента.

Согласно этим выводам характеристика дрожжей с селеном как полностью органической формы селена может быть поставлена под сомнение, следовательно, конечные пользователи и отрасль теперь будут иметь возможность сделать обдуманный выбор, когда придется принимать решение о том, сколько инвестировать в органическую форму селена. **ЖР**



ООО «Адиссео Евразия»  
129110, Москва, ул. Щепкина, д. 42,  
стр. 2а, этаж 2, пом. 1, комн. 1  
Тел.: +7 (495) 268-04-75  
www.adisseo.com  
www.animal-nutrition.ru





Selisseo®

СЕЛИССЕО® ИННОВАЦИОННЫЙ АНТИОКСИДАНТ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЕНА

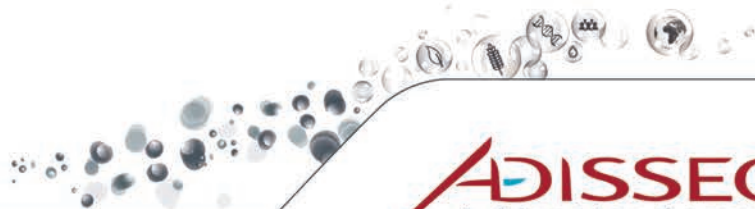
# ДАЖЕ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА...



## ... ПРОДУКТИВНОСТЬ БУДЕТ СОХРАНЕНА



**Селиссео® позволяет животным справляться с оксидативным стрессом**  
Единственный гидроксиселенометионин на рынке, обладающий всеми преимуществами органического селена для повышения стрессоустойчивости, улучшения иммунитета и поддержания оптимального уровня роста; улучшает воспроизводство и повышает качество конечной продукции.



[www.adisseo.com](http://www.adisseo.com)

**ADISSEO**  
A Bluestar Company

РЕКОЛАМА

A SE012-01