

# ПИВНЫЕ И КОРМОВЫЕ ДРОЖЖИ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

11 раздел книги "Учение о кормах" Х.Йерох, Г. Флаховский и Ф.Вайсбах. Издательство Густова Фишера, Штутгарт. Составление и перевод Елены Бабенко специально для soft-agro.com

## КОРМОВОЕ СЫРЬЕ НА МИКРОБИАЛЬНОЙ ОСНОВЕ

В качестве кормового сырья микробного происхождения подразумеваются далее продукты, которые состоят в преобладающей части из клеточной массы микроорганизмов и используются в рационах сельскохозяйственных животных главным образом из-за высокого содержания в них белка.

В англоязычном пространстве для этого используется понятие «single cell protein» (SCP, т.е. одноклеточный протеин). Производство кормового сырья на микробиальной основе, не смотря на стремительное развитие биотехнологий, так и осталось очень дорогим процессом, так что эти продукты по цене не могут конкурировать с высококачественными растительными и частично также животными кормовыми протеинами.

### Протеин одноклеточных (микробный)

*Одноклеточный белок (ОКБ) - белок, полученный от таких одноклеточных организмов, как дрожжи, бактерии, грибы и водоросли, выращенных на специально приготовленных средах. Белок такого типа можно производить путем ферментации вторичных продуктов нефти или органических отходов, а также при помощи разведения фотосинтетических организмов в водоемах со специальным освещением.*

Дрожжи и бактерии уже в течение столетий применяются в хлебопекарной, пивоваренной и винокуренной промышленности, производстве сыра и других ферментированных пищевых продуктов, а также при хранении и консервировании пищевых продуктов. На протяжении многих лет продаются в качестве кормов для животных сухие пивные дрожжи (отходы пивоваренной промышленности) и древесные дрожжи («торула»), получаемые при ферментации древесных отходов и других источников целлюлозы.

В качестве субстратов для развития одноклеточных организмов можно использовать самые разнообразные материалы. В настоящее время проводятся исследования по использованию продуктов, которые раньше в силу экономических соображений мало что значили или вообще не имели никакой ценности. К таким продуктам относятся солома, разнотравье, низкокачественные целлюлозные отходы древесины и древесные отходы, остатки пищи, отходы консервной и пищевой промышленности, остатки от производства спирта, экскременты животных.

\* Фрагмент из книги д-р. Эсмингера *Feeds & Nutritions*

В этом смысле высказываемые 20 лет назад надежды на решение белковой проблемы благодаря высокотехнической культивации микроорганизмов не осуществились. А при использовании нетрадиционного сырья для производства микробной биомассы добавились еще и проблемы со стороны токсикологии.

Так, например, дрожжи на основе n-алкан-углеводорода содержат необычные жирные кислоты, которые через пищевую цепочку могут доходить до человека. Не смотря на многочисленные токсикологические исследования без негативных заключений, всегда остается остаточный риск, так что разрешение такого кормового сырья в настоящее время не осуществимо. Также могут возникать проблемы с рабочей гигиеной при обращении с микроскопически малыми частицами различных продуктов, которые могут вести к воспалениям кожи и аллергиям.

---

## ПРИНЦИПЫ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

Большинство крупномасштабных размножений микроорганизмов происходит в аэробных условиях во влажной среде при определенных уровнях кислотности и температуры и введении подходящих источников углерода, азота и минеральных солей.

В зависимости от используемых микроорганизмов и условий ферментации, в благоприятных условиях последующее поколение может воспроизводиться в течение менее одного часа, в целом же этот срок составляет максимально 5 часов.

В отличие от аэробных процессов производства кормового белка, в различных процессах алкогольной ферментации в преимущественно анаэробных условиях преобладают ферментативные свойства дрожжей.

Образующаяся во время брожения в незначительном объеме клеточная субстанция оседает в емкостях и используется в качестве богатого белком кормово-

го сырья. Практическое значение в данном случае, прежде всего, имеют пивные дрожжи, которые из-за их состава можно сравнить с так называемыми растущими или белковыми дрожжами.

Производство биомассы происходит в больших емкостях. Масса в ферменторе концентрируется, проходя последовательно различные процессы (например, сепарация, выпаривание, фильтрация) при этом большая часть субстрата удаляется, а остаток снова направляется на ферментацию.

В термолизе (процесс разложения химических соединений под воздействием температуры без применения катализаторов) клетки микробов разрушаются, поскольку стенки клеток в большинстве соединений состоят из полимерных углеводов с жирами и протеинами, которые моногастричными животными тяжело перевариваются энзиматически.

В заключении происходит высушивание (распылением, вальцевой или вихревой сушкой), возможно гранулирование или напыление масла (растительное масло до 1%), для того, чтобы избежать пыльности высушенных клеток микроорганизмов.

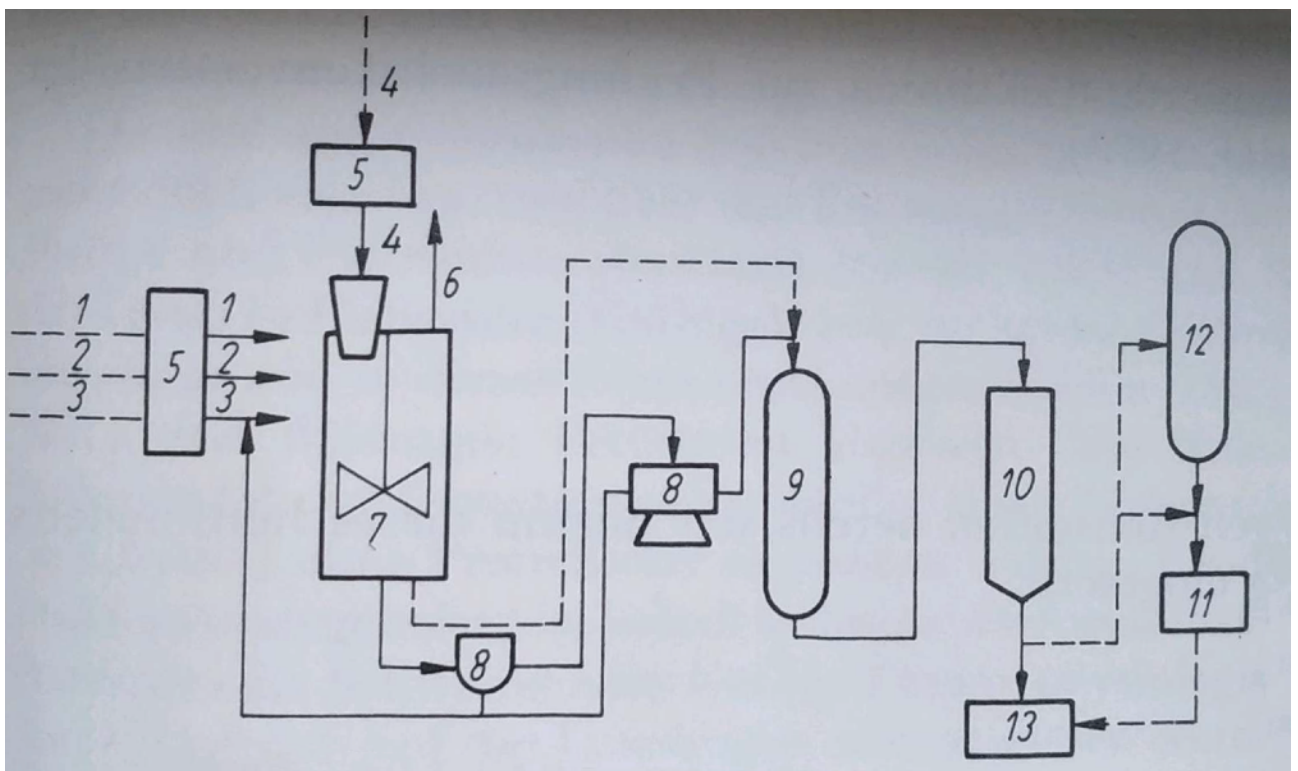


Рисунок 1. Технологическая схема производства микробиологической биомассы.

- 1** = NH<sub>3</sub> - питательные соли; **2** = источник С; **3** = вода; **4** = воздух; **5** = стерилизация; **6** = CO<sub>2</sub>, тепло; **7** = ферментация; **8** = сепарация, фильтрация, коагуляция (также флокуляция (от лат. floculi — клочья, хлопья) — физико-химический процесс слипания мелких частиц дисперсных систем в более крупные под влиянием сил сцепления с образованием коагуляционных структур); **9** = испарение; **10** = сушка; **11** = гранулирование, пеллетированное; **12** = экстракция растворителем; **13** = готовый продукт; ---- = возможные, зависящие от конкретного сырья шаги производства

Простейшая технологическая схема производства микробной биомассы показана на рисунке 1 (пунктирные линии показывают специальные шаги в зависимости от способа производства).

Обзор источников углерода для производства микробной биомассы показан в таблице 1 (по Райф 1962, Прева и др. 1982).

**Таблица 1. Источники углерода для производства микробной биомассы**

Комплексные органические соединения (преимущественно традиционные продукты биомассы)	Основные и промежуточные химические продукты (преимущественно нетрадиционные продукты биомассы)
Сырой сахар	Диоксид углерода
Меласса	Метан
Сироп мелассы	Метанол
Барда мелассы	Этанол
Сульфитные ликеры	Уксусная кислота
Крахмалосодержащие продукты	n-алканы
Гидролизаты от целлюлозосодержащих продуктов	

Данные в таблице очень обобщены и могут отображать только многообразие технических способов, а также различие между способами производства, источниками углерода и микроорганизмами.

Если микроорганизмы культивируются на традиционном сырье, которое ранее не применялось в кормлении животных или питании людей, или если они растут на сырье, которое не носит кормовой либо пищевой характер, тогда такие микробные продукты обозначаются нетрадиционным белковым сырьем (смотри таблицу 1) и перед их введением в кормовую практику проводится строгое тестирование, такое же, как лекарственных средств.

Поэтому наряду с исследованиями на кормовую ценность проводятся всевозможные токсикологические проверки для доказательства безопасности этого кормового сырья, которые также включают проверку продуктов животного происхождения. Существуют международные законодательные акты и акты на уровне отдельных стран, регулирующие проверку нетрадиционных белковых продуктов.

# ПИВНЫЕ И КОРМОВЫЕ ДРОЖЖИ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

Дрожжи культивируются на сахаросодержащем сырье и используются в кормлении животных с начала прошлого столетия.

## Питательные вещества дрожжей

Сухие дрожжи содержат обычно между 900 и 950 г **сухого вещества** в килограмме (таблица 2).

Таблица 2. Среднее содержание питательных веществ в кормовых дрожжах (в г/кг сухого вещества)

Кормовое сырье	Содержание СВ, г/кг свежей массы	Сырая зола	Сырой протеин	Сырой жир	Сырые углеводы
Дрожжи на сыром сахаре и мелассе	925	100	524	55	321
Дрожжи на мелассовой барде	923	82	536	51	331
Дрожжи на мелассовом сиропе 1)	900	84	471	64	381
Дрожжи на сульфитном ликере Р	917	88	469	45	398
Дрожжи на сульфитном ликере W	924	74	424	36	466
Дрожжи на сульфитном ликере В	908	77	408	42	473
п-алкановые дрожжи (фермозин) <sup>2)</sup>	911	47	706	38	209
п-алкановые дрожжи (паприн) <sup>2)</sup>	900	74	640	85	201
Сывороточные дрожжи	50	150	460	90	300
Пивные дрожжи	100	75	500	34	391

1. меласса из тростникового сахара с высоким содержанием сахара;
2. торговые названия для бывшей ГДР (фермозин) или СССР (паприн)

Они очень хорошо хранятся. Но, в принципе, на сушке можно сэкономить и скармливать дрожжи в жидком виде. Содержание сухого вещества в сывороточных дрожжах и пивных дрожжах в виде жидких продуктов очень сильно колеблется. При их применении в качестве местных источников белка должны соблюдаться гигиенические правила для того, чтобы в субстрате не размножились патогенные микроорганизмы, например сальмонелла.

**Содержание сырого протеина в дрожжах** прежде всего зависит от типа сырья, на котором выращивается популяция дрожжей, и технологических условий и лежит обычно между 400 и 700 г в килограмме сухого вещества (таблица 2).

Сырой протеин растительного или животного белкового сырья хорошего качества состоит практически исключительно (> 90%) из аминокислот и содержит только немного небелкового азота. В микробиальный белковых продуктах, наоборот, из-за высокой доли частиц клеток микроорганизмов содержание небелкового азота, особенно в форме нуклеиновых кислот и отдельных нуклеотидов, сравнительно высоко (таблица 3).

**Таблица 3. Среднее содержание нуклеиновых кислот, амино-азота x 6,25, лизин и метионина+цистина (в г/100 г сырого протеина)**

	Нуклеиновые кислоты	Амино-азот x 6,25	Лизин	Метионин + цистин
Мелассовые дрожжи	12	73	7.0	2.2
Дрожжи на сульфитном ликере	13	78	7.3	2.5
n-алкановые дрожжи	10	83	7.7	2.6
Сывороточные дрожжи	8	73	7.1	3.0
Пивные дрожжи	6	81	7.1	3.0

Также представлены и другие небелковые азотистые соединения (гексоамины, холин, остатки азотосодержащих питательных солей), так что на 100 г сырого протеина в среднем на аминокислоты приходится около 80 г.

Потребляемые орально нуклеиновые кислоты как расщепляются в кишечнике под воздействием энзимов и выводятся вместе с калом, так и в большой доле

абсорбируются как пурины и пиримидины. Большая часть пуринов распадается в печени до мочевины (птица) или дальше до аллантаина (млекопитающие кроме приматов) и в такой форме выводятся через почки. Пиримидины распадаются до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , и летучих жирных кислот.

Нуклеиновые кислоты должны рассматриваться как для кормовых дрожжей, так и для других микробиальных белковых кормов типичным неизбежным питательным веществом без белковой ценности. Приведенное в таблице 3 содержание нуклеиновых кислот при введении дрожжей в рационы на уровне 10-15% для свиней или птицы не показало физиологической нагрузки с нежелательными последствиями на продуктивность.

**Состав аминокислот в различных дрожжевых протеинах** в целом стабилен, поскольку он в значительной степени определяется генетически и на практике условия культивирования в ферменторе могут повлиять на него лишь незначительно (см. таблицу 3).

Для дрожжей типично высокое содержание **лизина**. Количество лизина в дрожжах можно сравнить с содержанием лизина в соевом протеине и соответствует у некоторых разновидностей дрожжей показателям высококачественного белка животного происхождения.

Содержание **метионина и цистина** в дрожжах нельзя сравнивать с протеином сои. Другие аминокислоты также не играют большого значения для рационов, используемых на практике, с долей дрожжей <10%.

На **содержание в дрожжах сырого жира** (см. таблицу 2) и его состав можно влиять посредством изменения условий ферментации и обработки (например, экстракции). Жир, содержащийся в дрожжах, богат фосфатидами. 60-70% жирных кислот являются ненасыщенными. Жиры дрожжей могут быть богаты линолевой кислотой (18:2) (10-40% от общего количества жирных кислот).

У n-алкановых дрожжей, в зависимости от субстрата, встречаются нечетные жирные кислоты, доля которых может составлять 30-40% общего количества жирных кислот (Кеммерер 1974), а также углеводороды, прежде всего n-алканы. Как нечетные жирные кислоты, так и углеводороды усваиваются животными без побочных влияний на их здоровье и продуктивность. Наряду с метаболизмом этих соединений происходит и определенное накопление их в жировых тканях животных. Таким образом они могут переходить и к человеку.

Хотя на основании имеющихся на данный момент знаний не сообщается о непосредственном ухудшении здоровья и продуктивности человека, необходимо стремиться к максимальному исключению этих веществ. Это может происходить, например, посредством экстракции n-алкановых дрожжей, благодаря чему содержание жиров и углеводов в дрожжах может быть значительно снижено (Покровский 1972).

Фракции питательных веществ **углеводов у дрожжей** имеют очень гетерогенный состав. В стенках клеток содержатся такие полимерные углеводы как маннан, глюкан и хитин, которые частично химически связаны с липидами и протеинами (Гриммеке и Ройтер 1981). Структура этих соединений позволяет ожидать, что они лишь частично могут расщепляться пищеварительными ферментами.

Содержание легкорастворимых и легко гидролизующихся углеводов (**сахара и крахмала**) для различных дрожжей составляет между 50-100 г/кг СВ и происходит из содержимого клеток, а именно гликогена и пентозы нуклеиновых кислот, у углеводных дрожжей также из остатков субстрата. Эти фракции хорошо перевариваются.

Дрожжи уже давно известны как хороший источник **витаминов группы В** (кроме витамина В12) (таблица 4).

**Таблица 4. Среднее содержание некоторых витаминов в дрожжах (в мг/кг СВ)**

	<b>В1</b>	<b>В2</b>	<b>В6</b>	<b>Никотиновая кислота</b>	<b>Е</b>
<b>Мелассовые дрожжи</b>	8	90	14	361	170
<b>Дрожжи на сульфитном ликере</b>	3	54	14	458	140
<b>п-алкановые дрожжи</b>	2	80	40	300	70
<b>Сывороточные дрожжи</b>	15	49	н.о.	н.о.	н.о.
<b>Пивные дрожжи</b>	115	27	15	200	20
<i>н.о. - не определено</i>					

Кроме того, благодаря ультрафиолетовому излучению эргостерол (около 0,5% в дрожжах) может преобразовываться в витамин Д2. Также заслуживает внимания содержание в дрожжах витамина Е (таблица 4).

**Минеральные вещества** в микробных биомассах происходят прежде всего из используемых источников углерода (например, меласса, сульфитный ликер, сыворотка), а также из добавок питательных солей и в незначительной степени из



износа металлического оборудования. По этим причинам **содержание сырой золы** в различных партиях и разновидностях дрожжей очень сильно колеблется (см. таблицу 2). Показатель сырой золы должен по возможности не превышать 100 г/кг СВ.

В целом дрожжи бедны кальцием и богаты фосфором (таблица 5).

**Таблица 5. Средние значения содержания некоторых минеральных веществ в дрожжах**

	Макроэлементы (в г/кг СВ)				Микроэлементы (в мг/кг СВ)			
	Ca	P	K	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
Мелассовые дрожжи	3.6	15.2	44	1.7	37	55	110	423
Дрожжи на сульфитном ликере	13.5	14.0	40	3.0	10	173	113	352
n-алкановые дрожжи	1.4	12.9	10	2	40	135	377	297
Сывороточные дрожжи	14.6	11.9	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Пивные дрожжи	3.7	16.9	н.о.	3.3	35	87	109	542
<i>н.о. - не определено</i>								

Если при варке целлюлозы в качестве реагента используется бисульфит кальция, а также известь для регуляции показателя pH сульфитного ликера перед ферментацией, тогда в дрожжах может содержаться достаточно высокое **содержание кальция**.

У сывороточных дрожжей кальций происходит из расщепления казеиново-кальциевых комплексов при извлечении кислоты.

**Фосфор дрожжей** (таблица 5) хорошо доступен для животных. Также содержание других макро- и микроэлементов, не смотря на то, что оно и колеблется в дрожжах различного происхождения, превосходит их содержание в большинстве растительного сырья, а частично также и сырья животного происхождения.

Содержание токсических элементов (например, As, Cd, Hg, Pb) обычно значительно ниже дозванного граничного уровня.

## Качество протеина, переваримость и энергетическая кормовая ценность дрожжей

Благодаря методам азотного баланса белки растительного (включая микробное) и животного происхождения могут быть быстро и просто проверены на качество протеина.

Биологическая ценность белка дрожжей в опытах на белых крысах без добавления метионина в среднем составляет около 60% (куриный белок = 100%). Если же протеин дрожжей дополняется 3%-ми DL-метионина, тогда биологическая ценность повышается до 90%, а это означает, что она практически достигает качества высокоценных животных протеинов.

Из этого следует, что для практических рационов дрожжи должны комбинироваться с кормовым сырьем, которое содержит более высокие показатели метионина или также цистина (например, зерновые, белковое сырье животного происхождения, экстракционные шрота из рапса и подсолнечника), и тем самым дополняет протеин из дрожжей.

Переваримость сырых питательных веществ и рассчитанная из неё концентрация энергии сильно отличается как между дрожжевыми продуктами различного происхождения, так и в зависимости от субстрата, вида микроорганизмов и способов производства (таблица 6).

**Таблица 6. Средняя переваримость сырых веществ и концентрация энергии**

	Свиньи				Птица			
	Сырой протеин, %	Сырой жир 1), %	Сырые углеводы, %	Энергетическая концентрация, кг СВ2)	Сырой протеин, %	Сырой жир 1), %	Сырые углеводы, %	Энергетическая концентрация, кг СВ2)
<b>Дрожжи на сыром сахаре и мелассе</b>	88	72	86	668	83	81	40	540

	Свиньи				Птица			
	Сырой протеин, %	Сырой жир 1), %	Сырые углеводы, %	Энергетическая концентрация, кг СВ2)	Сырой протеин, %	Сырой жир 1), %	Сырые углеводы, %	Энергетическая концентрация, кг СВ2)
Дрожжи на мелассовой барде	85	52	89	648	77	68	44	517
Дрожжи на мелассовом сиропе 1)	86	64	92	694	84	80	27	503
Дрожжи на сульфитном ликере Р	85	64	57	554	76	85	33	470
Дрожжи на сульфитном ликере W	82	60	59	540	79	93	32	460
Дрожжи на сульфитном ликере В	83	67	46	501	78	98	29	454
п-алкановые дрожжи (фермозин)2)	93	74	80	690	85	72	55	611
п-алкановые дрожжи (паприн)2)	92	79	76	724	88	90	30	646

	Свиньи				Птица			
	Сырой протеин, %	Сырой жир 1), %	Сырые углеводы, %	Энергетическая концентрация, кг СВ2)	Сырой протеин, %	Сырой жир 1), %	Сырые углеводы, %	Энергетическая концентрация, кг СВ2)
Сывороточные дрожжи	89	88	74	681	86	94	32	573
Пивные дрожже варенные	90	29	85	635	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Пивные дрожжи варенные	92	46	89	670	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.

н.о. - не определено

1. обработка HCl

2. расчет Ростоцкой системе оценки кормов

В целом n-алкановые дрожжи имеют лучшие коэффициенты переваримости для обоих видов животных. Показатели, особенно для сырого протеина, очень сравнимы с соевым шротом.

Дрожжи на сульфитном ликере в большинстве случаев имеют более плохую переваримость. Это связано с остатками сульфитного ликера, которые остаются на дрожжах во время сушки. Главная причина сниженной переваримости дрожжей на сульфитном ликере связана с растворимыми соединениями лигнина, которые занимают в составе органического вещества сульфитного ликера около 50%.

Дрожжи на мелассе, а также сывороточные и пивные дрожжи немного не достигают показателей переваримости n-алкановых дрожжей.

Благодаря варке, как было установлено еще в 1940 году Нерингом И Шраммом, переваримость пивных дрожжей может быть немного повышена (таблица б). В тоже время это улучшает срок хранения. Но по причине затрат на энергию варка обычно не применяется. Предположение, что скармливание непроваренных пивных дрожжей ведет к нарушениям пищеварения, опровергнуто новыми исследованиями, которые показали позитивный диетический эффект при скармливании свежих, непроваренных пивных дрожжей свиньям. Также в опытах было

установлено, что свежие пивные дрожжи в количестве от 4 до 6 литров на голову в день для свиней на откорме переносились без проблем.

Определенное расчетным путем (Ростоцкая система оценки питательности) энергетическая концентрация в дрожжах сравнима с другими богатыми протеинами концентратами, так что эти продукты в первую очередь ценны в качестве белкового кормового сырья. Только дрожжи на сульфитном ликере имеют более низкую концентрацию энергии, которая ближе к богатым клетчаткой концентратам, как, например, пшеничные отруби.

## Рекомендации по применению дрожжей в кормлении животных и птицы

По причине своего высокого содержания лизина дрожжи применяют в качестве белкового сырья в кормлении свиней, птицы и телят, при этом с целью снизить долю соевого шрота и рыбной муки в рационах без потерь по лизину.

При составлении рационов кроме энергии нужно балансировать также лизин и метионин плюс цистин. В рационах для птицы, особенно для бройлеров, низкое содержание метионина плюс цистина в дрожжах ограничивает их введение до 50-70 г/кг. При добавлении синтетического метионина принципиально возможна и более высокая доля ввода (100-150 г/кг). При этом, особенно в кормлении птицы, нужно более тщательно учитывать свойства кормовых дрожжей.

Высушенные методом распыления продукты в таких рационах ведут к налипаниям корма на клюве, снижению потребления корма, потерям корма, запыленности и снижению продуктивности.

Применение других способов сушки, такие как вихревая, вальцевая сушка, или последующая обработка как [гранулирование](#) или напыление растительного масла, может значительно уменьшить пыльность продукта.

Еще одна возможность - гранулирование рационов с долей >7% биомассы, высушенной методом распыления.

Жидкие дрожжи, такие как пивные или сывороточные, принципиально могут использоваться как единственное белковое сырье в рационах для свиней на откорме, если содержание сухого вещества в них не слишком низкое. Такие продукты из-за их очень быстрого прихода в негодность в зависимости от температуры хранения в большинстве своем могут храниться максимум 2-3 дня, в летней жаре еще меньше.

Для пивных дрожжей возможна деактивация живых дрожжевых клеток и консервация до нескольких недель благодаря добавлению 1% пропионовой кисло-

ты. Добавление 1% кормовой соли делает возможным хранение до одной недели.

Сухие кормовые дрожжи имеют особенно выраженное диетическое действие на поросятах, поскольку они, по сравнению с рыбной мукой и соевым шротом, нейтрализуют меньше желудочного сока. Благодаря этому замедляется размножение колибактерий в пищеварительном тракте и снижается количество диарей.

Составляющие стенок клеток дрожжей, а также нуклеиновые кислоты могут способствовать активации физиологически позитивно действующей флоре молочнокислых бактерий. Это особенно ярко проявляется при скармливании свежих, непроваренных пивных дрожжей, когда живые дрожжевые клетки под воздействием желудочного сока и пищеварительных ферментов больше не размножаются, и попадают в толстый кишечник.

**Хотите подробно узнать о ключевом кормовом сырье, которое используется в кормлении животных и производстве комбикормов? Записывайтесь на наш онлайн-курс!**

## обучающий курс



### КАЧЕСТВО КОРМОВ

Система для контроля качества кормов на комбикормовых производствах и сельскохозяйственных предприятиях



Следите за новостями:

