

# Бетаин гидрохлорид: Незаменимое питательное вещество в рационе бройлеров

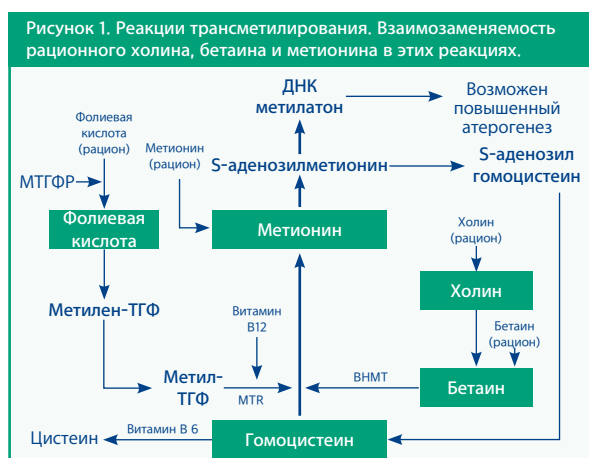
Бетаин - это известное функциональное питательное вещество в питании бройлеров, которое в прошлом в основном использовалось в качестве безводного бетаина, экстрагированного из сахарной свеклы. В настоящее время он также доступен в виде синтетического бетаина гидрохлорида.

Последние исследования показывают, что питательные свойства продуктов природного и синтетического происхождения одинаковы. Благодаря этому появляется более дешевый, негигроскопичный, а также всесезонный (доступный круглый год) источник бетаина для кормовой промышленности. Вместе с тем следует уделять особое внимание обязательному обеспечению свойств сыпучести бетаина гидрохлорида, поскольку гигроскопичность может ограничивать применение на комбикормовых заводах. Поставив в центр внимания процесс кристаллизации и правильное применение сыпучего носителя, можно получить негигроскопичный гидрохлорид бетаина. Бетаин всасывается через двенадцатиперстную кишку. Исследования

на людях показали быстрое всасывание и распределение с максимальным увеличением в сыворотке крови через 1-2 часа после приема пищи.

Бетаин всасывается в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), в то время как до 3/4 бетаина остаётся на внутриклеточном уровне ЖКТ. Внутриклеточное накопление происходит через активные (Na<sup>+</sup> или Cl<sup>-</sup>) и пассивные (Na<sup>+</sup>) транспортные системы. Бетаин выводится путем метаболизма, а не экскреции, и катаболизируется в ряде ферментативных реакций (трансметилирования), которые происходят в митохондриях клеток печени и почек. Основная физиологическая роль бетаина - действовать как осмолит и донор метила (трансметилирование). В качестве осмолита (характеристики диполярного цвиттер-иона) бетаин повышает удержание внутриклеточной воды и, следовательно, защищает внутриклеточные ферменты от инактивации под действием осмоса. В качестве донора метильной группы бетаин участвует в метиониновом цикле (в основном в печени) и может в дальнейшем использоваться в реакциях трансметирирования для синтеза таких основных веществ, как карнитин и креатин (рис. 1).

Было показано, что бетаин также накапливается в других внутренних органах (кишечнике, печени, почках и сердце), защищая их и повышая производительность у спортсменов-людей.



## Биологическая эквивалентность

Бетаин – это метаболит цвиттер-иона, также известный как триметилглицин. Впервые он был обнаружен в сахарной свекле, а также присутствует в других растениях, животных и морепродуктах. Вместе с тем сахарная свекла содержит исключительно высокий уровень бетаина, который накапливается в виде конденсированных растворимых веществ ( $\approx 116\ 000$  мг/кг). В настоящее время бетаин также доступен в очищенных формах (безводный, монофосфатный и гидрохлоридный бетаин). Были подняты вопросы о том, являются ли осморегулирующие свойства бетаина гидрохлорида аналогичными свойствам безводного бетаина. Для изучения данного вопроса было проведено исследование *in vitro*, имитирующее прохождение через желудок. De Krimpe (университет Гента, 2010; неопубликовано): выполнена оценка биологической эквивалентности различных источников бетаина. Продукты растворяли в растворе воды и гидрохлорида с показателем pH 2,3 (условия желудка), а

затем анализировали. Результаты показали, что независимо от ионной формы и метода производства (естественная экстракция или химический синтез) разные источники бетаина дали одинаковые аналитические результаты (одинаковые пары времени удерживания  $m/z$ ); поэтому не следует ожидать различий в биологической активности или осморегуляторной функции. Поскольку после прохождения через желудок обе молекулы идентичны, появление различия между бетаин гидрохлоридом и безводным бетаином в качестве эффективной кормовой добавки не ожидается.

## Использование в птицеводстве

Результаты по усвояемости питательных веществ, продуктивности животных, метаболизму и улучшению постности туши анализируются и сообщаются в Elklund et al., (2005) и Ratriyanto et al., (2009), см. таблицу 1. Эти рецензируемые статьи иллюстрируют преимущества бетаина в качестве кормовой добавки для улучшения продуктивности

животных и показателей убойя.

Исследования, включенные в эти два обзора, действительно проводились с учетом конкретной научной мысли, и реакция животных была результатом одного из способов действия бетаина (донор метильной группы или осмолита), на выбор которых влияет концентрация других доноров метильной группы в рационе и наличие либо осмотического, либо метаболического стресса.

## Донор метильной группы

Добавка бетаина в рацион может снизить потребность в других донорах метильной группы, таких как метионин и холин.

Вместе с тем эта теоретическая концепция должна быть подвергнута серьезному анализу перед практической реализацией. Этот щадящий эффект был тщательно исследован на домашней птице и, в меньшей степени, на свиньях. Pesti et al. (1979) показал, что добавляемые в рацион бетаин и метионин являются взаимозаменяемыми для цыплят-бройлеров.

Florou-Paneri et al. (1997) показал, что от 30 до 80% дополнительного метионина можно заменить на бетаин без отрицательного воздействия на продуктивность. Оценка более консервативного подхода к замене дана в популярных журналах авторами Lensing и Van der Klis (2007) и Cresswell

Таблица 1. Сводка рецензируемых результатов рационального бетаина по параметрам продуктивности и убойным характеристикам домашней птицы (адаптировано из Ratriyanto et al., 2009).

Бетаин (%)	Особенность	Эффект	Туша	Эффект	Справочная литература	Год
0.05-0.15	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑	Выход мяса грудки	↑	Virtanen & Rosi	1995
		↓	Жиры %	↓		
0.08	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑	Выход мяса грудки	↑	Virtanen & Rosi	1995
		↓				
0.15	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑			Augustine et al	1997
		↓				
0.10-0.50	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑			Matthews et al	1997
		↓				
0.10	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑			Teeter et al	1999
		↓				
0.10	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑			Waldenstedt et al	1999
		↓				
0.05			Выход туши	↑	Esteve-Garcia & Mack	2000
0.08	Среднесуточный привес	↑			Matthews & Southern	2000
0.10	Среднесуточный привес	↑	Масса мясной туши %	↑	Waldroup & Fritts	2005
0.10	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑			Farooqi et al	2005
		↓				
0.04-0.07	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑	Выход туши	↑	Attia et al	2005
		↓	Выход мышечного белка	↑		
0.07-0.14	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑	Брюшной жир	↓	Hassan et al	2005
		↓				
0.05-0.10	Конверсия корма		Выход мяса грудки	↑	Pirompud et al	2005
		↓	Выход мяса грудки	↑		
0.05	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑	Выход мяса грудки	↑	Zhan et al	2006
		↓	Брюшной жир	↓		
0.05-0.10	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑			El-Husseiny et al	2007
		↓				
0.08	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑			Honarbakhsh et al	2007
		↓				
0.10			Выход мяса грудки	↑	Remus	2001
0.09	Среднесуточный привес	↑	Выход мяса грудки	↑	Noll et al	2002
		↓	Брюшной жир	↓		
0.5	Среднесуточный привес Конверсия корма	↑	Выход мяса грудки	↑	Wang et al	2004
		↓	Брюшной жир	↓		
0.04-0.08	Кол-во яиц	↑			Lu & Zou	2006
0.03-0.12	Вес яйца	↑			Park et al	2006

Все результаты в вышеуказанных испытаниях были статистически значимыми при  $P < 0,05$ . Другие авторы не смогли показать существенных отличий: (Zulkifli et al., (2004); Pillai et al., (2006))

желтый = бройлеры, оранжевый = индейки, зеленый = мясо уток, розовый = несушки

(2010). В обоих экспериментах изучалась биоэквивалентность бетаина и холина / метионина в рационах бройлеров; при этом холин был полностью заменен, а добавление метионина снизилась на 25–30% от суточной потребности. В пределах этого диапазона замены различия в продуктивности бройлеров не наблюдались.

По результатам, полученным Cresswell, было проведено тестирование стратегий кормления для лучшего понимания стратегий применения. Это испытание провел в IPME Ripe, Индия д-р Рама Рао (Dr. Rama Rao) (2011 год, не опубликовано) и оно показало улучшение характеристик и выхода туши при всех рационах. Две тысячи бройлеров Cobb были распределены по четырем рационам, каждый с двумя повторениями. Контрольными рационами были типичные кукурузно-соевые рационы, содержащие 2000 ч/млн, 1500 ч/млн и 1500 ч/млн добавленного холинхлорида (75%) и 0,61%, 0,58% и 0,45% общего метионина для рационов стартерного, гроуерного и финишерного кормов соответственно.

- Наилучшие хозяйственные результаты (таблица 2) были достигнуты при дополнительном добавлении бетаина (рацион 2). Инвестиции в размере 0,002 долл. США/кг корма позволили сэкономить 7% производственных затрат на массу мясной туши. Замена определенных уровней холина и метионина дала хорошие экономические результаты.
- Рацион 3 (интенсивная замена холина и метионина) показывает, что при более низких затратах на кормление можно добиться небольшого повышения продуктивности.
- Рацион 4 (осторожная замена холина и метионина) – безопасная стратегия с равными затратами на рацион, но с достаточной окупаемостью инвестиций. Компании по производству премиксов, производители комбикормов и интегрированные компании могут иметь разные коммерческие интересы, у каждой из которых может быть своя собственная стратегия.

### Осмозащитные свойства

Регуляция состояния клеточной гидратации и, следовательно, объема клетки важна для поддержания функции клеток и нескольких метаболических путей (например, белкового обмена, углеводов аминокислот и т. д.). Клетки пытаются адаптироваться к внешнему осмотическому стрессу, накапливая неорганические ионы (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) и органические осмолиты (метилованные амины и некоторые аминокислоты). Однако увеличение внутриклеточных концентраций неорганических ионов ограничено из-за их дестабилизирующего действия на структуру белка и функцию ферментов; с другой стороны, органические осмолиты могут достигать высоких внутриклеточных концентраций без нарушения клеточных функций. Бетаин считается наиболее эффективным органическим осмолитом. Он накапливается в клетках ЖКТ, регулируя поток воды через эпителий кишечника. Также было показано, что бетаин подавляет апоптоз клеток и снижает расход энергии на клетки ЖКТ. Было обнаружено 5%-ое снижение потребности в энергии для поддержания (ENm) клеток ЖКТ у свиней, получавших бетаин.

В некоторых научных публикациях доказывалось, что в

принципе безводный бетаин может использоваться для преодоления теплового стресса. Attia et al., (2009) показал, что воздействие сильного теплового стресса может частично преодолеваться путем добавления бетаина в рацион медленно растущих бройлеров. Добавка бетаина в рацион в соотношении 1 кг/т улучшило привес и конверсию корма по сравнению с рационом негативной регуляции. Что еще более важно, ректальная температура снизилась (43,2 °C против 41,9 °C) по сравнению с негативной регуляцией. Учащенное поверхностное дыхание – механизм учащенного дыхания для уменьшения перегрева за счет испарения (78,3 против 63,9 вдохов в минуту). Hassan et al., (2011) продемонстрировал четкую зависимость доза-реакции при добавке бетаина в рацион в соотношении 250, 500, 750 или 1000 г/т корма у кроликов, содержащихся в условиях тяжелого теплового стресса. Haldar et al., (Bangkok, 2011) представил результаты исследования, проведенного в более практичных условиях, показывающие, что при (более мягких) условиях теплового стресса (31 °C, ± 85% относительная влажность) у обычных бройлеров можно ожидать такие же эффекты. Что еще более важно, он показал, что эти результаты могут быть получены с использованием гидрохлорида бетаина, и тем самым привел практическое доказательство того, что гидрохлорид бетаина обладает такими же осморегулирующими свойствами, как и безводный источник. AAF

Справочные материалы доступны по запросу в AllAboutFeed.

Таблица 2. Результаты испытаний Excential Beta-key по производственным показателям, убойным выходам и экономической оценке.

Рационы Excential Beta-Key	T1	T2	T3	T4
Показатели				
Конечный живой вес (кг)	2.11	2.16	2.12	2.15
Коэффициент усвоения корма	1.92	1.83	1.89	1.85
Экономическая оценка эффективности (долл. США)				
Средняя стоимость корма за кг	0.368	0.370	0.367	0.368
Среднее потребление корма (кг)	4.04	3.96	4.07	3.98
Общие затраты на кормление на птицу	1.487	1.466	1.492	1.464
Стоимость цыпленка	0.56	0.56	0.56	0.56
Лекарства/вакцинация/ на 1 птицу	0.05	0.05	0.05	0.05
Административные расходы (долл. США на птицу)	0.11	0.11	0.11	0.11
<b>Общие производственные затраты на птицу</b>	<b>2.207</b>	<b>2.186</b>	<b>2.212</b>	<b>2.184</b>
Средний живой вес (кг)	2.11	2.16	2.13	2.15
Средняя масса мясной туши %	74.82	77.60	75.99	77.57
Средняя масса мясной туши (кг)	1.577	1.679	1.616	1.671
Себестоимость 1 кг живого веса	1.05	1.01	1.04	1.01
Себестоимость 1 кг массы мясной туши	1.40	1.30	1.37	1.31
T1 (контроль)				
T2 (500 г Beta Key/т)				
T3 (Beta Key 500 г/т путем замены 750 г хлорида холина и 200 г метионина)				
T4 (Beta Key 1000 г/т путем замены 1000 г хлорида холина и 300 г метионина). Excential Beta-Key: мин. 71%; Холинхлорид 75%; DL-метионин 98%				

## Выводы

Бетаин уже много лет используется в кормлении бройлеров. Было предоставлено научное доказательство того, что бетаин способствует повышению производственных показателей, заменяя другие доноры метилгруппы; для помощи птице при тепловом стрессе и для повышения характеристик по качеству и выходу мяса. Во многих из этих опубликованных статей не было четкого указания на источник используемого бетаина (натуральный или синтетический), и были высказаны сомнения, будет ли синтетическая форма столь же эффективна в осморегуляции, как натуральный эквивалент экстракции сахарной свеклы. Представленные данные ясно показывают, что если используется надлежащий кристаллический гидрохлорид бетаина, то его молекулярная структура после прохождения через желудок аналогична безводному бетаину. Следует позаботиться о том, чтобы

продукт обладал хорошими характеристиками сыпучести и не был гигроскопичен.

Практическое применение на птицах, которых кормили бетаином во время теплового стресса, ясно показали ожидаемое улучшение и, следовательно, механизм действия бетаина гидрохлорида в качестве осмозащитного средства. Были оценены различные стратегии замены холина и метионина, которые могут дать специалистам по вопросам кормления инструменты определения оптимальной стратегии включения бетаина в рацион. В прошлом многие специалисты по вопросам кормления оценивали бетаин как кормовую добавку. Доступность новой формы бетаина (бетаина гидрохлорида) в течение всего года увеличилась, поскольку его производство не зависит от сезонности производства сахарной свеклы. Во-вторых, поскольку себестоимость обычно ниже, чем у безводного бетаина, применение бетаина в Кормлении бройлеров может быть пересмотрено.

