

**СУБСТРАТНО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ОРГАНИЗМЕ
ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ***В.В. Самойлович, 3 курс**Научные руководители – В.О. Лемешевский, кандидат с.-х. наук**Полесский государственный университет**А.А. Курепин, кандидат с.-х. наук**РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»*

Теоретические и экспериментальные подходы к оценке распределения в организме потоков всасывающихся нутриентов, с целью оптимизации их продуктивного использования, не получили еще достаточного развития, хотя исследования в этом направлении проводятся уже на протяжении нескольких десятилетий [9].

По данным наших и зарубежных исследований, потребность животных в энергии и питательных веществах удовлетворяется набором нутриентов, не только поступающих с кормом, но и образующихся в процессе пищеварения и вторичного метаболизма в тканях, что позволяет оптимизировать условия питания не только на уровне пищеварения, но и межклеточного обмена веществ [1, 3, 8, 11, 13].

Установлено, что обмен веществ – это количественный процесс, и для повышения продуктивности животных необходимо четкое представление о границах возможных нагрузок субстратов-метаболитов при обеспечении эффективного синтеза белка [10, 11].

В соответствии со значениями парциального дыхательного коэффициента (по стехиометрии, табл. 1) основные энергетические безазотистые нутриенты подразделяют на две группы: ВЖК, бутират (ДК $\approx 0,7$) и ацетат, пропионат, глюкоза, лактат, кетоновые тела (β -оксибутират, ацетоацетат) (ДК $\approx 1,0$). Если образующиеся из бутирата и аминокислот кетоновые тела считать промежуточными продуктами их окисления до CO_2 , то, согласно правилу Гесса, при расчете суммарного теплового эффекта полного окисления этих субстратов образование кетоновых тел можно в первом приближении не учитывать.

Расчетные значения дыхательного коэффициента для аминокислот варьируют от 1,17 (аспарагиновая кислота) до 0,7 (лейцин, изолейцин, аргинин), а значения теплоты сгорания варьируют от 9 (цистеин) до 27 кДж/г (триптофан) [9].

Энергия, как известно, усваивается с разной долевой эффективностью, в зависимости от направления ее использования. Степень усвоения зависит от того, каким набором субстратов (нутриентов) обменная энергия представлена в данном типе рациона [5]. Например, меньшую величину теплового инкремента (15,4 %) в случае, когда летучие жирные кислоты тратятся на поддержание жизни, аминокислоты – белковый синтез и липиды – жиरोотложение. Почти в два раза (27,6 %) повышается теплоприращение при использовании преформированных (готовых) жирных кислот в синтезе жира. Или другой пример: биохимическая эффективность превращения углеводов корма через ацетат в жир молока составляет 65-70 %, а эффективность преобразования кормо-

вого жира в молочный 94-97 %. Значительную выгоду можно получить, если каждый орган будет снабжен оптимальным набором необходимых специфических для него нутриентов [8].

Таблица – Расчет дыхательного коэффициента и значения теплоты сгорания для основных энергетических субстратов

Субстрат	М	Стехиометрия полного окисления	ДК	Тс, кДж/г
Глюкоза, $C_6H_{12}O_6$	180	$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O$	$6/6 = 1.0$	16^1
Лактат, $CH_3CH(OH)COOH$	90	$C_3H_6O_3 + 3 O_2 = 3 CO_2 + 3 H_2O$	$3/3 = 1,0$	23^2
Ацетат, CH_3COOH	60	$C_2H_4O_2 + 2 O_2 = 2 CO_2 + 2 H_2O$	$2/2 = 1.0$	$14,35^1$
Пропионат, CH_3CH_2COOH	74	$2 C_3H_6O_2 + 7 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O$	$6/7 = 0,86$	$20,2^2$
Бутират, $CH_3CH_2CH_2COOH$	88	$C_4H_8O_2 + 5 O_2 = 4 CO_2 + 4 H_2O$	$4/5 = 0,8$	$24,4^2$
β -оксибутират, $CH_3CH(OH)CH_2COOH$	104	$2 C_4H_8O_3 + 9 O_2 = 8 CO_2 + 8 H_2O$	$8/9 = 0,9$	$19,2^2$
Ацетоацетат, CH_3COCH_2COOH	102	$C_4H_6O_3 + 4 O_2 = 4 CO_2 + 8 H_2O$	$4/4 = 1,0$	$17,2^2$
Валериановая кислота, $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$	92	$2 C_5H_{10}O_2 + 13 O_2 = 10 CO_2 + 10 H_2O$	$10/3 = 0,77$	$30,3^2$
Пальмитиновая кислота, $C_{15}H_{31}COOH$	256	$C_{16}H_{32}O_2 + 24 O_2 = 16 CO_2 + 16 H_2O$	$16/24 = 0,67 \approx 0,7$	$38,2^2$

Примечание – ДК – дыхательный коэффициент; Тс – теплота сгорания; ¹ Ершов, Мушкхамбаров [4]; ² Мушкхамбаров [6].

Современные методы анализа углеводного питания показывают, что они усваиваются на 25-30 % из сырой клетчатки в типичных рационах. В период ферментации энергию теряют через тепло и продукцию метана, что для гексоз составляет 20-25 %, а для пентоз еще больше. В целом бактериальное расщепление разных типов клетчатки варьирует и дает разное соотношение отдельных короткоцепочных жирных кислот, что приводит к разной степени использования их в организме. Эффективность реализации энергии ферментируемых углеводов – 50-60 % [2].

При оценке белков как источника энергии необходимо учитывать, что энергетическая ценность белка и аминокислот очень различается и зависит от степени их окисления в процессе метаболизма. А так называемая физиологическая энергия в большей степени зависит от уровня сырого протеина, образования и утилизации аммиака (синтез мочевины) и интенсивности катаболизма аминокислот. Физиологическая энергия отдельных аминокислот колеблется от 4,1 до 25,4 мДж/кг⁻¹ сырого протеина [3].

Отложение белка – результат интеграции метаболических процессов, контролируемых его синтезом и деградацией. Исследования показали, что скорость синтеза белка в 5-6 раз превышает величину его отложения у растущих животных. Это значит, что около 15-20 % потребности животных в энергии расходуется на синтез белка, причем только одна пятая этого белка откладывается в тканях [7].

К примеру, при определении питательности кормов на поддерживающем уровне углеводы и протеин имеют одинаковую ценность, как источники энергий. Иную картину наблюдают у быстрорастущих и лактирующих животных. У них протеин практически полностью расходуется на прирост массы тела или синтез белков молока, то есть теряется в процессе метаболизма и, соответственно, синтеза и экскреции мочевины. В зависимости от этого, ошибки в определении энергетической ценности протеина могут достигать 25 %. Общеизвестна зависимость вариаций от скорости роста, возраста, состава прироста массы тела и др. [5, 11].

Энергетические критерии и параметры при оценке состояния обменных процессов необходимы в первую очередь, так как они в интегрированной форме выражают баланс энергетических субстратов, подчиняющийся закону сохранения энергии. В работах (Агафонов, 1999, 2005) было предложено оценивать количественно темпы окисления трех групп субстратов (аминокислоты, ВЖК + кетонные тела, глюкоза + ацетат) с использованием расчета по данным измерений теплопродукции, дыхательного коэффициента (ДК) и суточного выделения азота с мочой [2, 5, 7, 9].

Несмотря на недостаточность имеющихся данных о размерах метаболических резервов и потоков основных субстратов, в практике кормления продуктивных животных уже достаточно широко используются в качестве кормовых добавок соли уксусной кислоты (основного энергетического субстрата для жвачных), пропионат и пропиленгликоль, как предшественники синтеза глюкозы в печени, жирные кислоты и аминокислоты, защищенные от распада в рубце и др., т.е. в отдельные критические периоды проводится коррекция кормления не только по нормируемым показателям – протеину и энергии, но и по отдельным конечным продуктам переваривания – субстратов для тканевого синтеза [5, 9, 10, 13]. В более широком плане ставится задача нормирования кормления на основе прогноза поступления конечных продуктов переваривания и их использования в процессах биосинтеза. Несмотря на очевидную сложность этой задачи, ее постановка актуальна, в особенности, для высокопродуктивных молочных коров, у которых лактационная функция сопряжена с чрезвычайно интенсивными и динамичными процессами энерго-массопереноса и на этом фоне даже сравнительно незначительный «перекося» в системе субстратных потоков может повлечь за собой развитие метаболических дисфункций, а на более поздних стадиях – появление клинических признаков так называемых болезней продуктивности.

Список использованных источников

1. Агафонов, В. И. Нормирование энергетических затрат у лактирующих коров / В. И. Агафонов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2007. – № 2. – С. 96-102.
2. Агафонов, В. И. Потребность в энергии и совершенствование принципов нормирования в кормлении молочного скота : автореф. дисс. ... д-ра биол. наук / Агафонов В.И. – Боровск, 2005. – 58 с.
3. Кальницкий, Б. Д. Современные подходы к разработке системы питания животных и реализации биологического потенциала их продуктивности / Б. Д. Кальницкий, В. В. Калашников // Вестник РАСХН. – 2006. – № 2. – С. 78-80.
4. Кинетика и термодинамика биохимических и физиологических процессов / Ю. А. Ершов, Н. Н. Мушкамбаров. – М. : Медицина, 1990
5. Лемешевский, В. О. Энергетическое питание бычков белорусской черно-пестрой породы при выращивании на мясо : дисс. ... к-та с.-х. наук / Лемешевский В.О. – Жодино, 2011. – 170 с.
6. Мушкамбаров Н. Н. Метаболизм: структурно-химический и термодинамический анализ. – М. : Химия, 1988.
7. Обеспеченность субстратами энергетических процессов при различных условиях кормления и продуктивности / В. И. Агафонов [и др.] // Тр. ВНИИФБиП, 1999. – С. 375-384.
8. Харитонов, Е. Л. Современное состояние и перспективы развития теории питания жвачных животных на принципах субстратной обеспеченности метаболизма / Е. Л. Харитонов, Б. Д. Кальницкий // Сб. тр. / Всероссий. науч.-исслед. ин-т физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. – Боровск, 2000. – Т. 39. – С. 240-242.
9. Черепанов, Г. Г. Идентификация субстратно-метаболических потоков у лактирующих коров / Г. Г. Черепанов, В. И. Агафонов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2009. – № 2. – С. 44-60.
10. Agabriel, J. (2013). Alimentation des bovins, ovins et caprins : Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables Inra 2007. Mise à jour 2010. Traduction en chinois. Versailles – Pekin, France – Chine : Quae Editions – China Agricultural University Press. – 294 p.
11. Jouany, J.P. (Ed.). Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. Paris, FRA : INRA Editions, 1991. – 376 p.
12. Sauvants, D., Perez, J.M., Tran, G., Ponter, A. Tables of composition and nutritional value of feed materials (pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish). NLD : Wageningen Academic Publishers; Paris : INRA Editions, 2004. – 304 p.
13. Volden H. NorFor – The Nordic Feed Evaluation System. EAAP Publication, vol. 130. Wageningen, the Netherlands : Wageningen Academic Publishers; 2011. – 180 p.