

DOI: 10.37925/0039-713X-2023-6-22-24

УДК 619:612.12+614.95+636.4.033:637.063

# Биохимические маркеры сердечной недостаточности у свиней как признак экссудативного мяса (PSE)



М.А. ЛЕОНОВА, кандидат вет. наук, старший научный сотрудник, e-mail: felis-ligr@mail.ru,  
С.В. ЛЕОНОВ, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр  
агробиотехнологий Российской академии наук

В статье представлен анализ биохимических показателей сыворотки крови и выявлена связь правосторонней сердечной недостаточности (СН) с возникновением послеубойной экссудативности мяса (PSE). Наиболее показательные маркеры кардиопатологии – общий белок, альбумин, глюкоза, мочеви́на, кальций, железо, билирубин, аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), лактат, креатинин, натрий, хлориды, калий, лактатдегидрогеназа (ЛДГ), креатинкиназа (КК). Приведены варианты коррекции рациона и микроклимата в качестве профилактических мер.

**Ключевые слова:** свинья, сердечная недостаточность, экссудативность мяса, PSE, беломышечная болезнь, биохимия сыворотки крови.

## Biochemical markers of heart failure in pigs as a sign of exudative meat (PSE)

М.А. LEONOVA, candidate of veterinary sciences, senior researcher, e-mail: felis-ligr@mail.ru, S.V. LEONOV, senior researcher, Siberian Federal Scientific Centre of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

The article presents an analysis of biochemical parameters of blood serum and reveals the relationship of right-sided heart failure with the occurrence of post-mortem meat exudation (PSE). The most indicative markers of cardiopathology are total protein, albumin, glucose, urea, calcium, iron, bilirubin, AST, ALT, lactate, creatinine, sodium, chlorides, potassium, LDH, creatine kinase. As preventive measures, options for correcting the diet and microclimate are given.

**Key words:** pig, heart failure, meat exudation, PSE, white muscle disease, serum biochemistry.

### ■ Введение

Современное свиноводство требует сочетания интенсификации производства и высокой рентабельности. Качество свинины во многом зависит от уровня и сбалансированности рациона, наличия стрессовых факторов (температура, влажность, загазованность, частые перегруппировки, гиподинамия и проч.). И как следствие, на стадии переработки выявляются отклонения в развитии аутолитических процессов в мясе. В соответствии с этим отмечают экссудативное мясо, или PSE (pale – бледное, soft – мягкое, exudative – водянистое).

Основной причиной появления экссудативности считается форсированный рост свиней в специфических условиях интенсивного откорма.

В случае алиментарного развития беломышечной болезни, приводящей к формированию у мяса признаков PSE (особенно в поясничных мышцах и задних мышцах ног), гликолиз большей частью проходит в анаэробных условиях. В связи с этим еще при жизни животного начинается повышение содержания молочной кислоты, в результате чего в мясе забитых в этом состоянии животных уровень pH сразу после убоя всегда более низкий [5].

Вышеописанное может быть связано с развитием сердечной недостаточности – сложного синдрома, характеризующегося структурными, функциональными и биоэнергетическими нарушениями сердца, которое постепенно утрачивает способность адекватно перекачивать кровь

и удовлетворять гемодинамические, энергетические потребности организма, также снижается возможность вывода избытка продуктов метаболизма [1, 3, 7].

В условиях промышленного свинокомплекса или крупного фермерского хозяйства клинические признаки развития кардиомиопатий, приводящих к застойной сердечной недостаточности, как правило, не очевидны для ветеринарных специалистов или ухаживающего персонала. Последствия хронического течения видны лишь при послеубойном вскрытии и получении мяса с нежелательными свойствами.

Рядом исследований были определены возможные причины патологии – дефицит витамина Е и селена у молодых быстрорастущих свиней,

отравление госсиполом, некачественный соевый шрот, фумонизиновый токсикоз, хроническая гипоксия (при высоком уровне  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ) и кардиомиопатия неустановленного происхождения [6, 8, 9].

Повлиять на рацион и улучшить метаболизм веществ можно, основываясь на результатах биохимии сыворотки крови еще до клинических проявлений миодистрофии, беломышечной болезни и в том случае, когда при послеубойной оценке мяса обнаружены признаки PSE.

Для оценки сердечной недостаточности у человека и животных проводятся биохимические исследования сыворотки крови как на стандартные показатели, так и на специфические маркеры [2]. Безусловно, это связано с индивидуальным подходом и приводит к серьезным экономическим издержкам.

В рамках промышленного свиноплеменника или крупной фермы рациональнее произвести раннюю диагностику, опираясь на стандартные биохимические показатели, которые может провести рядовая ветеринарная лаборатория.

**Цель исследования** – выбрать наиболее специфичные биохимические маркеры правосторонней сердечной недостаточности свиней для оценки риска послеубойной эксудативности мяса.

### ■ Материалы и методы исследования

Опыты проведены на базе лаборатории болезней молодняка Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦ РАН.

Объект исследования – сыворотка крови (по 10 проб) от свиней породы ландрас в возрасте 150 дней на стадии откорма из двух фермерских свиноводческих хозяйств Новосибирской области. В фермерском хозяйстве №1 (опытная группа) у свиней имелись признаки эксудативности мяса после убоя. В фермерском хозяйстве №2 (контрольная группа) не было признаков эксудативности мяса после убоя.

Биохимическое исследование сыворотки крови проводили с использованием реагентов ЗАО «Вектор-Бест» (Новосибирск) согласно инструкции. Показатели – общий белок, альбумин, глюкоза, мочевины, кальций, железо, били-

рубин, АСТ, АЛТ, лактат, креатинин, натрий, хлориды, калий, ЛДГ, креатинкиназа.

Статистическую обработку проводили с помощью программы для статистического анализа Microsoft Excel, входящей в пакет программ Microsoft Office 7.0.

### ■ Результаты исследований и обсуждение

Значимых изменений в белковом обмене не отмечено: уровень общего белка и альбумина сыворотки крови свиней с обеих ферм находился в близких пределах и соответствовал норме.

При оценке биохимических показателей можно дифференцировать левостороннюю и правостороннюю сердечную недостаточность.

Так, одним из явных признаков правосторонней сердечной недостаточности с возможным повреждением ткани миокарда, а также мышечной дистрофии (скелетных мышц) является увеличение активности ЛДГ относительно нормы в 3,74, относительно контроля – в 3,94 раза ( $P \leq 0,001$ ) соответственно. Ввиду того что при левосторонней СН происходят изменения со стороны выделительной системы, то такие биохимические показатели, как мочевины и креатинин, будут повышены. Согласно **таблице**, данные элементы сыворотки крови находятся в физиологических пределах, что указывает на отсутствие тяжелой сердечной декомпенсации.

ЛДГ также считается ферментом, участвующим в углеводном обмене, а именно в цикле преобразования пи-

ровиноградной кислоты в молочную, которая, в свою очередь, является конечным продуктом обмена глюкозы. Ее повышение наблюдают при мышечной дистрофии, недостаточности кровообращения, а конкретно – при нарушении тканевого дыхания.

Уровень глюкозы в опытной группе свиней (ферма №1) ниже контрольных (ферма №2) значений на 13,54% ( $P \leq 0,01$ ) и меньше нормы на 11,70%.

Уровень лактата в опытной группе свиней выше контрольных значений в 2,53 раза ( $P \leq 0,001$ ) и больше нормы в 2,55 раза.

Совокупные изменения ЛДГ, глюкозы и лактата приводят к нарушению сократительной функции сердца ввиду энергетического голода. Также уровень лактата указывает на неполную утилизацию конечного продукта обмена, при этом уменьшается выработка АТФ, снижается сократительная активность сердца, что указывает на развитие гипоксии. А так как для свиней на откорме при активном наборе мышечной массы потребление кислорода возрастает, любые нарушения микроклимата, например накопление конкурентов кислорода –  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ , приводят к развитию оксидативного стресса, усугубляющего сердечную недостаточность, падение гликогена инициирует ацидоз.

Активность ферментов АСТ, АЛТ, а также их соотношение (коэффициент де Ритиса) является важным диагностическим критерием. Ввиду того что АСТ в большей степени содержится в сердечной мышце и скелетной мускулатуре, то при наличии повреждений в них проявляется повышение

**Таблица. Биохимические показатели при сердечной недостаточности**

Показатель	Ферма №1 (опыт)	Ферма №2 (контроль)	Норма [4]
Общий белок, г/л	68,15±3,31	71,44±6,02	58,0–83,0
Альбумин, г/л	35,66±3,34	38,67±2,34	23,0–40,0
Глюкоза, ммоль/л	4,15±0,59*	4,8±0,53	4,7–5,2
Мочевина, ммоль/л	5,39±1,08	5,30±1,14	2,9–8,8
Креатинин, мкмоль/л	138,08±13,21	146,70±8,18	70,0–208,0
Натрий, ммоль/л	125,48±23,24*	148,93±6,86	139,0–153,0
Хлориды, ммоль/л	107,67±2,66*	102,81±4,55	97,0–106,0
Калий, ммоль/л	7,74±0,89**	6,30±0,71	4,4–6,5
Кальций, ммоль/л	2,31±0,13**	2,65±0,24	2,5–3,5
Железо, ммоль/л	21,72±7,59	25,33±3,62	17,9–32,24
Билирубин, ммоль/л	7,87±0,79	7,58±0,76	0,3–8,2
АСТ, Ед/л	100,51±42,71**	53,57±11,49	15,0–55,0
АЛТ, Ед/л	58,31±8,33	52,87±8,16	22,0–47,0
Коэффициент де Ритиса	1,75±0,80*	1,02±0,21	0,91–1,50
Лактат, ммоль/л	3,57±0,90**	1,41±0,18	0,6–1,4
ЛДГ, Ед/л	1590,00±190,54**	403,20±32,76	160,0–425,0
КК, Ед/л	47,07±22,51**	132,08±58,47	66,0–489,0

\* $P \leq 0,01$ , \*\* $P \leq 0,001$ .

значений. Так, на ферме №1 АСТ превосходит контрольные значения в 1,87 раза ( $P \leq 0,001$ ), отклонения от нормы – в 1,82 раза.

С учетом того что АЛТ выше нормы у свиней обеих ферм, необходимо дифференцировать патологию печени от патологии сердца и мышц. Коэффициент де Ритиса в опыте выше нормы на 16,67%, что указывает на развитие кардиомиопатии с правожелудочковой недостаточностью, сопровождающуюся вторичной дегенерацией печени из-за выраженного острого пассивного застоя крови (проявившегося увеличением АЛТ).

Немаловажной является оценка электролитного баланса. В частности, калий, являясь компонентом внутриклеточной буферной системы, сосредотачивается преимущественно в миокарде, скелетных мышцах и печени. При наличии повреждений возможен выход калия в жидкую среду и увеличение его в сыворотке крови на 22,86% ( $P \leq 0,001$ ) относительно контроля и на 19,08% относительно нормы. Вместе с этим наблюдается снижение натрия в опыте на 15,74% ( $P \leq 0,01$ ) относительно контроля и на 9,73% относительно нормы. Гипонатриемия может сопровождаться отеками. Гиповолемию на фоне гипонатриемии и гиперкалиемии выражена образованием выпотов и отеков. Хлориды при этом незначительно повышены на 4,73% ( $P \leq 0,01$ ) относительно контроля и на 1,58% относительно нормы.

Кальций участвует не только в формировании костной ткани, но и играет важную роль в передаче им-

пульсов для сокращения мышц. По данным **таблицы**, уровень кальция в сыворотке крови опытных животных ниже контроля на 12,83% ( $P \leq 0,001$ ) и ниже нормы на 7,60%, что возможно при несбалансированности рациона по источникам кальция и фосфора и недостатке витамина D (либо его усвоения).

В опытной группе активность креатинкиназы ниже контрольной на 66,63% ( $P \leq 0,001$ ) и ниже нормы на 28,68%. В совокупности с высокой активностью АСТ снижение КК может быть оценено как миодистрофия, проявляющаяся снижением мышечной массы.

Такие показатели, как билирубин и железо, связанные с развитием анемии на фоне разрушения эритроцитов, миоглобина мышц, не имеют достоверной разницы между группами и входят в нормативные значения. Это указывает на то, что в организме опытных животных не происходит критически значимых дегенеративных процессов, носящих необратимый характер.

## ■ Заключение

Для оценки предполагаемых рисков развития послеубойного экскудативного мяса рекомендуется проводить биохимическое исследование сыворотки крови на этапах доразщипывания и откорма с целью корректировки рациона и условий содержания. Наиболее показательные маркеры кардиопатологии – общий белок, альбумин, глюкоза, мочевины, кальций, железо, билирубин, аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ),

лактат, креатинин, натрий, хлориды, калий, лактатдегидрогеназа (ЛДГ), креатинкиназа (КК).

## Варианты коррекции сердечной недостаточности

1. Применение препаратов, увеличивающих уровень АТФ в сердечной мышце: L-карнитин, таурин (осуществляет транспорт жирных кислот в митохондрии); антиоксидантов (витамины А, Е, С).

2. Рацион свиней должен быть оптимизирован по легкодоступным углеводам (соблюдение сахаро-протеинового соотношения) для обеспечения миокарда энергией.

3. Имеет значение наличие и усвоение витамина Е (форма D- $\alpha$ -токоферол) и селена. Так как дефицит витамина Е в рационе вызывает ряд характерных поражений в виде алиментарного гепатоза свиней (на фоне застоя в печени), алиментарной мышечной дистрофии (беломышечная болезнь), расширения сердца (тутовое сердце), поражения капилляров, острого нарушения кровообращения с признаками гипоксии, миопатии, желтушности жировой ткани и респираторных расстройств. Чем меньше селена в рационе, тем выше должно быть поступление витамина Е.

4. Не допускать недостатка кальция (в том числе витамина D).

5. Необходимо оптимизировать параметры микроклимата (газовый состав среды, улучшение вентиляции); оценивать доступность и качество воды.

6. Ввиду развития токсического состояния необходимо исключить отравление микотоксинами, пестицидами (дисикантами).

## Литература

- Ахмадеева К.Э., Хамзина Л.Р., Камкина Е.Ф. Инструментальные методы диагностики хронической сердечной недостаточности у лабораторных крыс. Сборник материалов Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи «Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК», 2020. С. 329–331.
- Ахмадеева К.Э., Каримова Р.Г. Биохимический состав крови у собак с хронической сердечной недостаточностью в декомпенсированной стадии. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2020. Т. 244. №4. С. 27–30.
- Герке В.С. Основы кардиологического обследования собак. VetPharma, 2013. №4. С. 40.
- Зайцев С.Ю., Конопатов Ю.В. Биохимия животных//Фундаментальные и клинические аспекты: Учебник. СПб: Лань, 2004. 384 с.
- Копейкина Л.В., Ходзицкая Е.В. Исследование качества и безопасности свинины. Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление, 2005. №2. С. 54–60.
- Терентьев А.А. Биохимия мышечной ткани. М.: ФГБОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, 2019. 76 с.
- Beaumier A. Clinical findings and survival time in dog with advanced heart failure/A. Beaumier, J.E. Rush, V.K. Yang, L.M. Freeman. J. Vet. Intern. Med., 2018. №32(3). P. 944–950.
- Collins D.E., Eaton K.A., Hoernerhoff M.J. Spontaneous dilated cardiomyopathy and right-sided heart failure as a differential diagnosis for hepatosis dietetica in a production pig. Comparative Medicine, 2015. 65(4):327–332. PMID: 26310462; PMCID: PMC4549678.
- Cruz R.A.S. Outbreaks of nutritional cardiomyopathy in pigs in Brazil / R.A.S. Cruz, D.M. Bassuino, M.O. Reis, C.J.M. Laisse, S.P. Pavarini, L. Sonne, A.M. Kessler, D. Driemeier. Pesquisa Veterinária Brasileira, 2019. 39(8):573–579. DOI: 10.1590/1678-5150-PVB-6248.