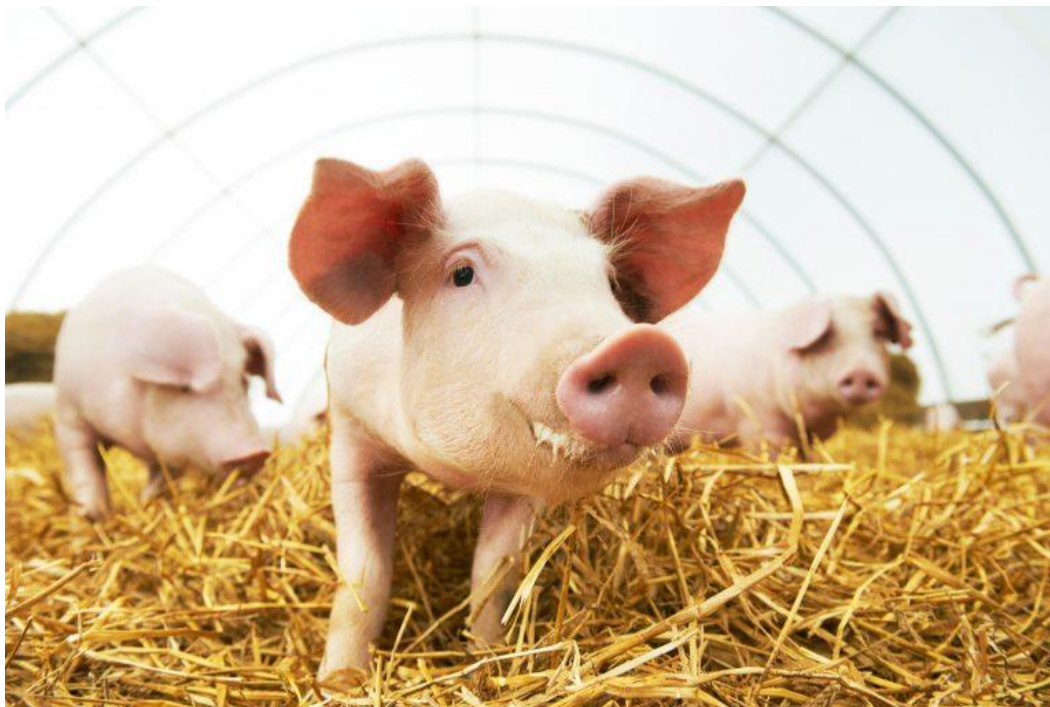


## ИНФОРМАЦИЯ

### Намаляване на риска от вируса на африканската чума по свинете във фуража



Снимка: <https://fermentationexperts.com/>

Центърът за оценка на риска по хранителната верига представя една статия на учен от Колежа по ветеринарна медицина в Държавния университет в Канзас, САЩ. Статията прави преглед на фуражите и фуражните съставки като потенциални пътища за въвеждане и предаване на трансгранични заразни болести по свинете и възможностите за намаляване на този риск чрез различни обработки. Смятайки, че ще бъде от полза, като обзор на събраните до момента знания за фуражите и преноса чрез тях на АЧС, я представяме на вниманието на българските ветеринарни специалисти.

**Обобщение:** Африканската чума по свинете (АЧС) е най-значимата заплаха за свинете в световен мащаб и неотдавнашното ѝ навлизане в преди това свободни от болестта страни повиши риска от разпространение на болестта. Без ефективна ваксина или лечение, основната цел на страните, свободни от болестта, е да предотвратят инфекцията с вируса на африканската чума по свинете при свинете (ASFV).

Значителни количества **фуражни съставки**, използвани в диетата на свинете, се търгуват по целия свят и могат да бъдат внесени от страни с АЧС. Ако фуражните съставки са замърсени с вируса, те могат да служат като потенциални пътища за въвеждане и предаване на вируса на африканската чума по свинете. **Този преглед предоставя информация за риска от вируса на африканската чума по свинете във фуражите и стратегиите за смекчаване на риска, които могат да помогнат за**

## защита на глобалната популация от свине от въвеждане и разпространение на ASFV чрез фуража.

След навлизането през 2013 г. на вируса на епидемична диария по свинете в Съединените американски щати (САЩ), фуражите и фуражните съставки са признати за потенциални пътища за въвеждане и предаване на трансгранични заразни болести по свинете. Фуражните съставки за диетата на свинете са стоки, търгувани по целия свят и САЩ внасят хиляди метрични тонове фуражни съставки всяка година от страни с циркулиращи трансгранични болести по животните. Лабораторните изследвания характеризират стабилността на ASFV в съставките на фуражите, от трансокеанския превоз, предаването на ASFV чрез естествената консумация на растителни фуражи и смекчаващия потенциал на някои фуражни добавки за инактивиране на ASFV във фуража. Този преглед описва настоящите познания за фуража като риск за вируси по свинете и възможностите за смекчаване на риска за защита на производството на свинско месо в САЩ и световната популация от свине от АЧС и други трансгранични заразни болести по животните.

### 1. Риск от ASFV за свиневъдството

Вирусът на африканската чума по свинете (ASFV) е може би най-значимата заплаха за производството на свинско месо в световен мащаб поради високата си смъртност, скорошната поява в нови страни и континенти [1], липсата на налична в търговската мрежа ваксина [2] и значително въздействие върху световните пазари. Важно е, че АЧС е ограничаваща търговията болест със значителни последици както за глобалното свинско месо, така и за селскостопанските стоки. Икономическите загуби, дължащи се на евентуалното въвеждане на ASFV в Съединените щати (САЩ), се оценяват на между \$15 и \$50 милиарда, в зависимост от разпространението на болестта в популацията на дивите свине [3].

ASFV е двуверижен ДНК вирус с обвивка от семейство *Asfarviridae* [4]. ASFV е сложен и уникален вирус, който заразява само прасетата и поставя няколко различни предизвикателства пред контрола на болестта. ASFV е единственият вирус, класифициран в семейството *Asfarviridae*, което изключва преноса на знания от тясно свързани вируси към патогенезата на ASFV. Освен това, бегло сравнение между ASFV и грипен вирус А (IAV) по отношение на дължината на генома (170–190 kbp ASFV геном срещу 13,5 kb IAV геном) и броя на кодираните протеини (151–167 ASFV протеини срещу 11 IAV протеини) подчертава сложността на вируса на АЧС [5,6]. ASFV е силно патогенен, причинявайки широко разпространени кръвоизливи и смъртност, приближаваща се до 100% при заразени прасета [7]. Пътищата на предаване на ASFV са разнообразни (Фигура 1) и включват както директен контакт със заразени домашни или диви свине [8], така и непряк контакт с инфекциозни предмети и консумация на замърсена помия или фураж [9]. Уникално за АЧС е предаването на вируса чрез вектора – меките кърлежи от *Ornithodoros* spp. [10], като така се оформят основните характеристики на ASFV – самотен вирус, пренасян от членестоноги, с двойноверижен ДНК геном.

ASFV е стабилен в околната среда поради устойчивостта си на рН и температурни крайности в сравнение с други свински вируси [11], оцелява в продължение на месеци в замърсени продукти от свинско месо и има потенциал да стане ендемичен при дивите свине [12].

При липса на налична в търговската мрежа ваксина за предотвратяване на инфекцията [13] или налично лечение за намаляване на тежестта на заболяването при заразените прасета, основната цел на свободните от заболяването страни е да



## 2. Относно риска от фуража

Чревните коронавируси по свинете, включително вируса на епидемична диария по свинете (PEDV) и делтакоронавирус по свинете (PDCoV), се считат за последните големи трансгранични болести по свинете, въведени в стадото свине в САЩ съответно през 2013 г. и 2014 г. [31,32]. Причинителите на двете заболявания са едноверижни обвити РНК вируси от семейство *Coronaviridae* [33]. За разлика от циркулиращия в момента нов коронавирус при хората (SARS-CoV-2), тези свински коронавируси са основни причини за стомашно-чревни заболявания при свинете и не са основна причина за клинични респираторни признаци. В рамките на 8 седмици след първия случай на откриване на PEDV в Северна Америка, вирусът се е разпространил в повечето от основните региони за производство на свине в САЩ [34]. В рамките на 1 година след въвеждането на PEDV, вирусът е отговорен за загубата на 10% от свинската популация в САЩ или приблизително 7 милиона прасета [35]. Смъртта поради това заболяване е опустошителна, тъй като по-голямата част от тежко засегнатите прасета и смъртните случаи са новородени през първите няколко дни от живота [31]. Важно е, че PEDV бързо се разпространи в популациите на диви свине в САЩ, като антиядло-положителни серумни проби бяха открити при диви прасета по-малко от 1 година след въвеждането на вируса в домашните свине [36]. Предизвикателствата за ликвидиране на болестта, породени от предаването на вируси по свинете в популациите от диви свине, са огромни. Почти 8 години след въвеждането на PEDV, този вирус продължава да причинява ендемично заболяване при свинете в САЩ [37] и изследванията продължават да търсят подобрене и усъвършенстване на протоколите за контрол на заболяването на циркулиращи исторически и нови вирусни варианти [38].

След въвеждането на PEDV в Северна Америка, няколко епидемиологични анализа на въвеждането и бързото разпространение в нови ферми **разкриха потенциалния източник на вируса като замърсен фураж и фуражни съставки** [34].

*Първо*, генетичните последователности на щамовете PEDV, изолирани в щатите с най-интензивното свиневъдство, най-големите производители на свине в САЩ, споделят 99,5% нуклеотидна идентичност с щам PEDV, който наскоро циркулира в провинция Анхуей в Китай [39]. Въз основа на този анализ авторите заключиха, че страната на произход на американските щамове на PEDV вероятно е Китай [39], страна, от която хиляди метрични тонове фуражни съставки са били внесени в САЩ [40].

*Второ*, изследванията разкриха, че **PEDV поддържа инфекциозност в няколко фуражни съставки, включително соев шрот**, изложени при условия с температура и влажност, симулиращи 37-дневна транстихоокеанска среда за превоз, въз основа на исторически метеорологични данни [41].

*Трето*, експериментите потвърдиха, че PEDV се предава чрез естествена консумация на замърсен растителен фураж [42] и идентифицираха ниска минимална инфекциозна доза (101,7 50% инфекциозна доза на тъканна култура/g (TCID<sub>50</sub>/g)), необходима за инфекция чрез фураж [43].

*Четвърто*, РНК на PEDV беше открита в проби от фуражи и фуражни добавки, които бяха замесени като потенциални източници за проникване на вируса в нови ферми в Охайо и Канада [44,45]. Ретроспективни канадски анализи установиха, че получаването на фураж от конкретната фуражна компания увеличава с 38 пъти

<http://www.corn.gov>

вероятността от избухване на епидемична диария по свинете (PED) [46] и че случаите на PED са свързани с една конкретна мрежа от фуражни доставчици [47].

**Като се вземат предвид всички изброени случаи дотук, фуражът беше признат като нов рисков фактор за въвеждане на вирусна болест в свинефермите на основата на колективния опит в Северна Америка с PEDV. Освен това, епидемиологичните проучвания след проникването на PEDV в други азиатски страни потвърдиха потенциалната роля на фуражите за разпространението на вируси – като доставките на фуражи с камиони в Япония [48] и гъстотата на фуражните заводи в Тайван [49].**

За да служат **фуражните съставки като трансгранични вектори за вирусни заболявания като PED и АЧС (Фигура 2)**, фуражите или съставките трябва първо да са били в контакт с източник на вирусно заразяване. **Рисковете от заразяване са налице в няколко критични контролни точки по време на производството на фуражи** и могат да са широко разпространени в страни с неконтролирани огнища, където е настъпило обширно замърсяване на околната среда.

Някои примери за рискове от заразяване:

- излагане на полски култури преди прибиране на реколтата на заразна дива свиня,
- излагане на зърното след прибиране на реколтата, което се суши по пътищата, на превозни средства, транспортиращи заразени прасета,
- излагане на съоръжения за преработка на фуражни съставки на инфекциозни предмети/оборудване, като например обувки на персонала, контейнери за многократна употреба, и
- излагане на съхраняваните съставки на вредители, пренасящи инфекцията.

След заразяване, в която и да е от тези контролни точки, фуражните съставки от положителни за АЧС страни са подложени на трансокеански превоз през Атлантическия или Тихия океан в големи транспортни контейнери. Съставките пристигат в насипно състояние в морските пристанища за проверка от митническата и гранична служба на САЩ, преди да бъдат прехвърлени на камиони за сухопътен транспорт. И накрая, фуражните съставки пристигат във фуражните заводи в САЩ за включване в диети с комбинирани фуражи и доставка до свинеферми за консумация (Фигура 2).



**Фигура 2.** Механизъм, чрез който фуражните съставки могат да служат като трансгранични вектори на вирусни заболявания по свинете. Рискови селскостопански практики, като сушене на зърно по пътищата, могат да замърсят фуражните съставки в страни с циркулиращи животински болести. Камioni, превозващи прасета, могат да преминават през зони, където съставките на фуража се сушат, пренасяйки вируси чрез свински екскременти и секрети. Фуражните съставки се транспортират в транспортни контейнери през океана, за да пристигнат в страната вносител. Камioni транспортират фуражните съставки по междуцатските магистрала до фуражните заводи, където те се включват в пълноценна фуражна диета. Фуражните заводи широко разпространяват фуража към свинефермите.

Въпреки че има други рискови фактори, като например **незаконно внесени контрабандни продукти от свинско месо**, за проникване на ASFV в САЩ [50], **фуражите на растителна основа и фуражните съставки са от особено значение поради няколко уникални характеристики**. Това, което поражда тревога относно фуражните съставки са:

- снабдяването им от най-различни точки по целия свят,
- предназначението им за влагане в диети за свине,
- прекият им контакт с търговски свине във ферми с висока биосигурност и
- широкото им разпространяване от централизиранни фуражни заводи.

Един такъв пример беше докладван в инвентаризация от 2018 г., когато една свинеферма в САЩ обяви, че фуражните съставки са били с произход от 12 различни страни на три континента [51]. **Освен това, последни проучвания отричат необходимостта от близост от ферма до ферма, което повишава значимостта на другите пътища на проникване, като аерозоли, оборудване и персонал**. Например, при моделиране на преките и косвените източници на PEDV, за период от 5 месеца в

рамките на една производствена система в САЩ, VanderWaal et al. (2018) смятат фуражите като по-чест източник на предаване между физически отдалечени ферми [52]. Допълнителни данни подкрепят концепцията за фуражите като източник на вируси за разпространение на дълги разстояния. По-конкретно, проучване в САЩ идентифицира фуража като източник на PEDV по-често в региони, които нямат гъсто разположени ферми за свине [34], а проучване в Япония идентифицира доставките с фуражните камиони като риск за въвеждане на PEDV във ферми, разположени на повече от 5 км от други заразени ферми [48]. Освен това, скорошен демонстрационен проект в реални условия съобщава за оцеляване на PEDV в съставките на фуражите, транспортирани в търговско ремарке за 21 дни, през над 14 щата, по маршрут от 9741 км [53]. **В обобщение, проучванията за PEDV, разкриха уязвимостта на свинефермите към трансконтинентално и трансгранично разпространение на вируси чрез замърсен фураж.**

След като фуражите и съставките бяха идентифицирани като нови пътища за трансгранично разпространение на вирусни болести, определянето на фуражния риск за други трансгранични болести по животните (ТГБ), включително ASFV, се очерта като приоритет за свиневъдната индустрия в САЩ [54]. При исторически преглед на навлизането и разпространението на ASFV в нови страни или региони са установени епидемиологични връзки със замърсен фураж, при липса на изхранване с помия или инфекциозни хранителни отпадъци, съдържащи свинско месо. Например в румънските ферми тип „заден двор“ един от рисковите фактори за навлизането на ASFV през май – септември 2019 г. е **храненето на прасета с растителен материал, произхождащ от положителни за ASFV региони** [26]. Като друг пример може да се посочи Латвия, където **замърсената трева и култури**, хранени на прасета, бяха свързани в огнищата на ASFV през 2014 г. във ферми тип „заден двор“ [18].

**Замърсени зърнени култури и треви**, хранени на търговски прасета, също беше вероятен път за въвеждане на ASFV във ферми в Естония между 2015 и 2017 г. [55]. Освен това се предполага, че **изсушените кръвни продукти**, замърсени с ASFV и използвани като фуражни добавки, допринасят за разпространението на болестта в Китай [56,57].

### 3. Някои съставки поддържат стабилността на ASFV

Идентифицирането на това кои фуражни съставки осигуряват екологична матрица, поддържаща стабилността на ASFV, е важна стъпка при определяне на риска.

За да се оцени този риск с помощта на модел за трансграничен превоз, Dee et al. (2018) избират 12 фуража, фуражни съставки или продукти от животински произход въз основа на обема на вноса и употребата им в храните за свине, за оценка на стабилността на ASFV [58]. Избрани са:

- конвенционално соево брашно,
- органично соево брашно,
- соево кюспе,
- изсушен спиртоварен зърнен остатък (DDGS),
- лизин, холин, витамин D,
- влажна храна за котки, влажна храна за кучета, суха храна за кучета,
- обвивки за свински колбаси и
- комбиниран фураж.

След инокулация с ASFV Georgia 2007, съставките са изложени на променливи температури и влажност, които възпроизвеждат реалните метеорологични условия по

време на трансокеанския транспорт. Съставките са тествани за наличие на инфекциозен вирус в края на симулационния модел. След 30 дни при условия на трансатлантически превоз, ASFV Georgia 2007 остава като цяло стабилен в различни съставки, като инфекциозен вирус е открит в 75% (9/12) от тестваните съставки, включително конвенционално соево брашно, органично соево брашно, соево кюспе, холин, влажна храна за котки, влажна храна за кучета, суха храна за кучета, обвивки за свински колбаси и комбинирани фуражи [58].

Важно е, че няколко от фуражните съставки, определени като поддържащи ASFV, осигуряват екологична матрица, която стабилизира и други, различни вируси, които са опасни за здравето на свинете. **От 14-те вируса, които са били тествани в модели на превоз при трансокеански условия на околната среда [40], 9 (9/14; 64%) и 6 (6/13; 46%) вируси са оцелели при 30 или 37-дневни транспортирания в конвенционален соев шрот и съответно обвивки за свински колбаси.** Освен това конвенционалният соев шрот и обвивките за свински колбаси поддържат оцеляването на четирите вируса, определени от свиневъдната индустрия в САЩ като най-висок приоритет с оглед предотвратяване на навлизането им [59] – вируса на шапа (тестван със сурогатен вирус Seneca A (SVA)), ASFV, вируса на класическа чума по свинете и вируса на псевдобяс (болест на Ауески). Други съставки, поддържащи широкообхватна стабилност на патогени, включват лизин (6/14; 43%), холин (5/14; 36%), витамин D (5/14; 36%) и комбиниран фураж за свине под формата на брашно (5/13; 38%) [40].

Времето на полуживот на ASFV във фуражните съставки предоставя допълнителни доказателства за относителната стабилност на вируса в различни матрици. Времето на полуразпад не зависи от титъра и се определя като времето, необходимо количеството на вируса да се намали наполовина от първоначалната му концентрация [60].

Полуживотът на ASFV Georgia 2007 е определен в девет фуража и фуражни съставки, които поддържат стабилността на вируса при трансокеански условия на превоз [61]. За да се изчисли полуживотът на ASFV в деветте фуражни съставки, разпадането на вируса е количествено определяно през целия 30-дневен трансокеански превоз, включващ условия на умерена температура (средно 12,3° C) и влажност (средно 74,1%). Оценките за полуживот на ASFV във всички фуражни съставки са между  $9,6 \pm 0,4$  и  $14,2 \pm 0,8$  дни, със среден полуживот от 12,2 дни. Интересното е, че полуживотът на ASFV в органичното соево брашно е с 3 дни по-дълъг от този на конвенционалното соево брашно. Освен това, всичките девет хранителни матрици повишават стабилността на ASFV в сравнение с лабораторните среди, в които полуживотът на ASFV е  $8,3 \pm 0,3$  дни [61]. Разликите в определения полуживот на ASFV в хранителните матрици вероятно са свързани със съдържанието на протеини, мазнини или влага; химическо излагане; и преработката на съставките. **Като резултат може да се обобщи, че хранителните матрици поддържат стабилността на ASFV и са необходими приблизително 2 седмици, за да намалее наполовина концентрацията на вируса при условия на транспортиране.**

#### 4. Предаване на ASFV чрез растителни фуражи

Предаването на ASFV по орален път е оценено от един век и рано е признато, че има повече променливост от парентералните пътища на инокулация [14]. Многобройни експериментални проучвания оттогава съобщават за нива на инфекция на исторически и съвременни изолати на ASFV след орално, назално или интраорофарингеално приложение на ASFV (Таблица 1). Въпреки това, предаването на съвременния изолат на ASFV Georgia 2007 чрез естествено пиене на замърсена течност и естествено ядене на замърсен растителен фураж беше характеризирано едва наскоро [51]. За това



проучване нивата на инфекциозност при прасета от разсадник са определени при различни дози от ASFV, консумирани естествено в малки обеми течна среда (100 mL) или пълноценна храна под формата на храна (100 g). Потвърдената инфекция е възникнала както чрез пиене, така и чрез хранене, с по-ниски дози, необходими за предаване в течност в сравнение с храната. По-конкретно, минималната инфекциозна доза (MID) на ASFV Georgia 2007 в течност беше 100 50% инфекциозна доза от тъканна култура (TCID50), докато 104 TCID50 е дозата, необходима за инфекция във фуража. Статистическото моделиране на повтарящи се експозиции на малки обеми във времето (т.е. консумиране на замърсена партида фураж или пиене на замърсена вода) разкри повишена вероятност от инфекция, тъй като броят на експозициите или общият обем на потребление нараства. Взети заедно, ASFV се предава орално чрез естествена консумация на замърсен растителен фураж, като вероятността от инфекция зависи от количеството на наличния вирус и обема на консумирания фураж [51].

**Таблица 1. Нива на заразяване с различни дози и щамове на вируса на африканска чума по свинете (АЧС), когато се прилага през ороназален път или се консумира чрез естествено поведение при хранене и пиене \*.**

ASFV щам	Път	Доза	Инфекция	Справка
Грузия 2007	Нормално пиене †	10 <sup>0</sup>	37,5%	[51]
Грузия 2007	Нормално пиене †	10 <sup>1</sup>	44,4%	[51]
Армения 2008	Ороназално	10 <sup>0,5</sup> – 10 <sup>1,4</sup> ‡	12,5%	[62]
Малави 1983	Интраорофарингеален	10 <sup>2</sup>	0%	[63]
Малави 1983	Интраназофарингеален	10 <sup>2</sup>	50%	[63]
Грузия 2007	Нормално пиене †	10 <sup>2</sup>	75%	[51]
Доминиканска република 1979	Интраназален/орален	10 <sup>2,7</sup>	0%	[64]
Грузия 2007	Хранене с комбиниран фураж †	10 <sup>3</sup>	0%	[51]
Малта 1978	Интраназален	10 <sup>3</sup>	60%	[65]
Грузия 2007	Нормално пиене †	10 <sup>3</sup>	83,3%	[51]
Нидерландия 1986	Интраназален	10 <sup>3,5</sup>	60%	[65]
Доминиканска република 1979	Интраназален/орален	10 <sup>3,7</sup>	12,5%	[64]
Източна Африка	Изяждане в течен или омокрен солиден фураж †	10 <sup>3,7</sup> – 10 <sup>6,1</sup>	0%	[66]
Източна Африка	Интраназален	10 <sup>3,7</sup> – 10 <sup>3,9</sup>	100%	[66]
Танзания KWH/12	Нормално пиене на краве мляко †	10 <sup>4</sup>	0%	[67]
Грузия 2007	Хранене с комбиниран фураж †	10 <sup>4</sup>	40%	[51]
Малта 1978	Интраназално	10 <sup>4</sup>	100%	[65]
Грузия 2007	Нормално пиене †	10 <sup>4</sup>	100%	[51]
Малави 1983	Интраназофарингеален	10 <sup>4</sup>	100%	[63]
Малави 1983	Интраорофарингеален	10 <sup>4</sup>	100%	[63]
Грузия 2007	Консумиране на свинска плазма в комбиниран фураж †	10 <sup>4,3</sup>	0%	[68]
Бразилия 1978	Интраназален	10 <sup>4,5</sup>	100%	[65]

Доминиканска република 1979	Интраназален/орален	10 <sup>4.7</sup>	87,5%	[64]
Грузия 2007	Изяждане на меки кърлежи в питка †	10 <sup>4</sup> –10 <sup>5</sup>	33%	[69]
Грузия 2007	Консумиране на свинска плазма в комбиниран фураж †	10 <sup>5</sup>	0%	[68]
Неизвестен¶	Консумиране на инфекциозен материал †	10 <sup>5</sup>	MID	[70]
Танзания KWH/12	Пиене в краве мляко †	10 <sup>5</sup>	37,5%	[67]
Грузия 2007	Изяждане в комбиниран фураж †	10 <sup>5</sup>	44,4%	[51]
Tengani	Интраназален	10 <sup>5</sup>	100%	[70]
Грузия 2007	Изяждане в питка †	10 <sup>5.5</sup>	0%	[69]
Доминиканска република 1979	Интраназално/орално	10 <sup>5.7</sup>	90%	[64]
Грузия 2007	Изяждане в комбиниран фураж †	10 <sup>6</sup>	25%	[51]
Танзания KWH/12	Пиене в краве мляко †	10 <sup>6</sup>	75%	[67]
Малави 1983	Интраназофарингеален	10 <sup>6</sup>	100%	[63]
Малави 1983	Интраорофарингеален	10 <sup>6</sup>	100%	[63]
Грузия 2007	Ядене на меки кърлежи в питка †	10 <sup>6</sup> –10 <sup>7</sup>	100%	[69]
Грузия 2007	Изяждане в комбиниран фураж †	10 <sup>7</sup>	40%	[51]
Танзания KWH/12	Пиене в краве мляко †	10 <sup>7</sup>	100%	[67]
Hinde WH II	Орално	10 <sup>7</sup> –10 <sup>7.5</sup>	100%	[71]
Hinde WH II	Изяждане в сух фураж †	10 <sup>7</sup> –10 <sup>7.5</sup>	100%	[71]
Tengani	Интраназален	10 <sup>7.2</sup>	100%	[72]
Грузия 2007	Изяждане в комбиниран фураж †	10 <sup>8</sup>	50%	[51]
Танзания KWH/12	Пиене в краве мляко †	10 <sup>8</sup>	100%	[67]
Кения	Изяждане на фураж, замърсен с урина и фекалии†	ND	100%	[14]
Кения	Изяждане в сладки картофи или банани	ND	0%	[14]

\* Проучванията са във възходящ ред според приложената доза, с неизвестни дози в края на таблицата. В рамките на проучвания за инфекции, оценяващи същата доза, препратките са във възходящ ред въз основа на процента инфекция. Дозата е показана като 50% инфекциозна доза за тъканна култура (TCID<sub>50</sub>) или 50% хемадсорбираща доза (HAD<sub>50</sub>), освен когато е посочено. † Показва консумация чрез естествено поведение при пиене или хранене; ‡ доза, показана в хемадсорбиращи единици (HAU); ¶ неизвестни единици, използвани за количествено определяне на дозата. Ключ: **MID**, минимална инфекциозна доза; **ND**, не е определено.

Допълнителни проучвания са публикували дозата на ASFV, необходима за инфекция чрез ороназално приложение или консумация на вируса в различни фуражи и течни матрици (Таблица 1). Например Pietschmann et al. (2015) съобщават, че дози от 10<sup>0.5</sup>–10<sup>1.4</sup> хемадсорбиращи единици (HAU) на ASFV Армения 2008 са способни да причинят инфекция чрез ороназално приложение [62]. Експериментите за инокулация, използващи изолата на ASFV Малави 1983, установяват, че 10<sup>2</sup> 50% хемадсорбираща доза (HAD<sub>50</sub>) е достатъчна, за да причини инфекция, когато се доставя интраназофарингеално, но не и когато се доставя интраорофарингеално [63]. Когато

вирусът е бил консумиран в краве мляко, е била необходима доза от  $10^5$  HAD<sub>50</sub> за инфекция с ASFV Танзания KWH/12 [67]. Blázquez и др. (2020) съобщават за липса на инфекция след многократна консумация на ASFV Georgia 2007 ( $10^{4.3}$  или  $10^5$  TCID<sub>50</sub>), смесен в течна свинска плазма и комбиниран фураж [68]. Ранните проучвания върху патогенезата също подчертават различията при инфектирането по орален път, включително липса на инфекция след поглъщане на ASFV Източноафрикански щам ( $10^{3.7}$ – $10^{6.1}$  HAD<sub>50</sub>) в течен или влажен твърд фураж [66] и успешна ASFV инфекция след поглъщане на ASFV щам Hinde WHII ( $10^7$ – $10^{7.5}$  HAD<sub>50</sub>) в сух фураж [71]. Освен това Montgomery (1921) описва заразяване на прасета чрез консумация на фураж, заразен с изпражнения или урина, докато консумацията на ASFV в сладки картофи или банани не води до инфекция [14]. Тези проучвания подчертават значението на състава на фуражните съставки, когато се разглеждат твърдите и течните фуражи като средства за доставяне на ASFV по орален път.

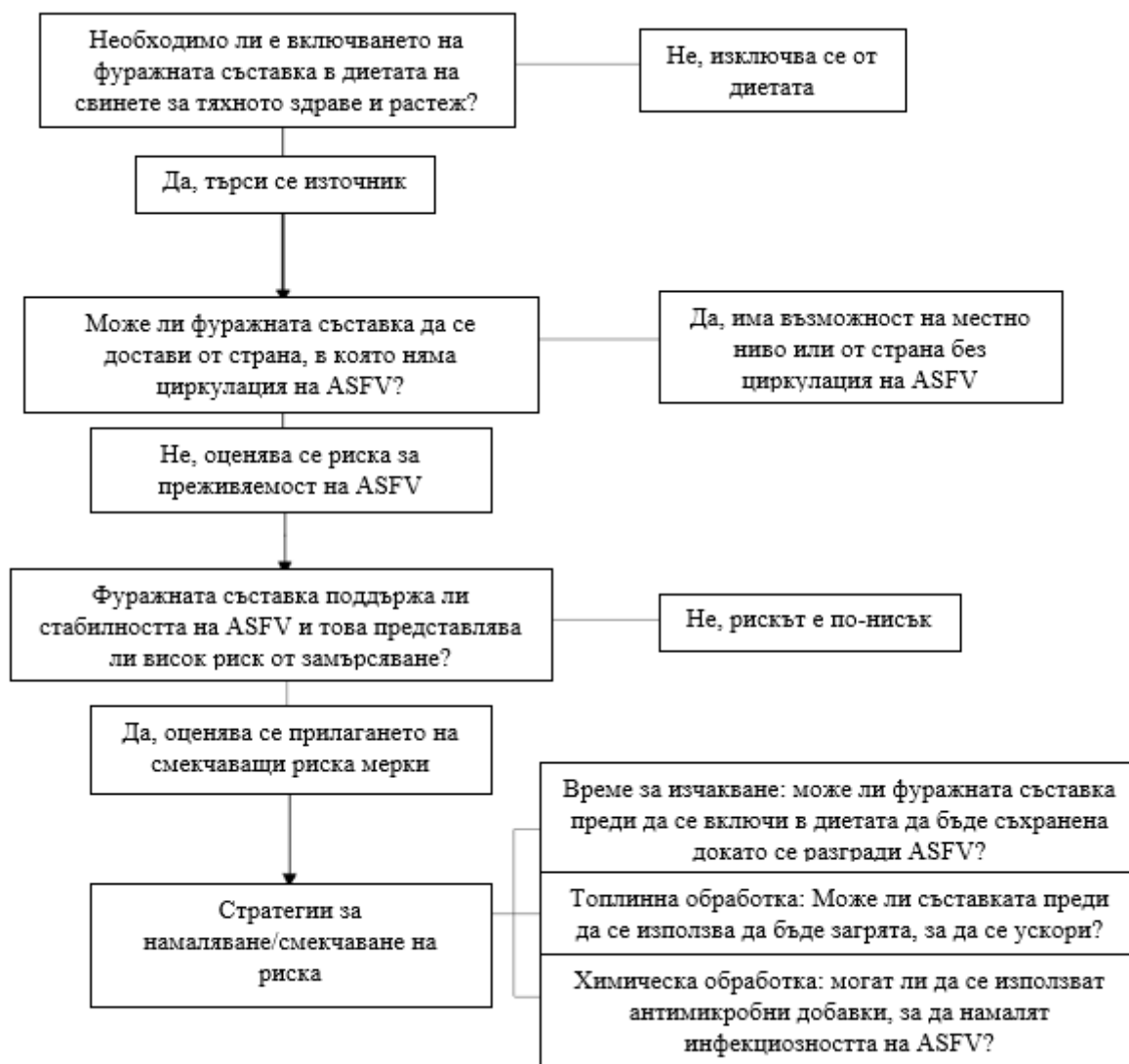
## 5. Намаляване на риска от ASFV чрез мерки за биосигурност на фуража

Като сравнително нова област на специализация в сферата на биосигурността, биосигурността на фуражите се превърна във важна и широко призната задача за включване в общата биосигурност на животновъдните обекти, критична за предотвратяването на навлизането на вирусни заболявания по свинете във фермите.

Когато се изследват фуражните съставки като потенциален източник на патогени, няколко фактора влияят върху риска за биосигурността [73].

**Оценката на риска започва с характеризиране на данните за необходимостта, източника и вирусната стабилност за всяка фуражна съставка (Фигура 3).**

- Първо, трябва да бъде потвърдено, че включването на съставката е необходимо за здравето и растежа на свинете, и трябва да липсва друга подходяща, достъпна като цена/доходоносна и нискорискова заместваща съставка.
- Второ, трябва да се вземе предвид статута на страната на произход на всяка съставка по отношение на болестта, включително огнищата на други болести по свинете в определени региони или ендемични заболявания с широко разпространение. Например, снабдяването на фуражни съставки от САЩ понастоящем не представлява риск за въвеждане на ASFV, но не елиминира възможността фуражът да бъде вектор за циркулиращи в момента болести като PED. Освен това рисковете в положителни страни по света може да варират в зависимост от епидемиологията на заболяването по време на производството и вноса на съставките. Например, когато се разглеждат фуражни съставки на основата на соя, внесени в САЩ от положителни за ASFV страни през 2018 г. и 2019 г., най-голям обем е получен от Китай и Украйна [74], две държави с много различни епидемиологични ситуации, влияещи върху риска.



**Фигура 3.** Оценка на риска за фуражните съставки като трансгранични вектори на вирусни заболявания по свинете. Адаптирано и модифицирано от матрицата за вземане на решенията относно безопасността на фуражните съставки [75].

Като трето съображение, **устойчивостта на вируса във фуражната съставка** оказва влияние на риска. По-конкретно, експерименталните изследвания са идентифицирали **високорискови съставки, като конвенционалното соево брашно, които осигуряват екологични матрици, благоприятни за широка и разнообразна патогенна стабилност на ДНК и РНК, както и на обвити и необвити вируси [40].** Съставките, които осигуряват силно поддържаща среда, са рискови по отношение на онези патогени, които все още не са изследвани, както и за нововъзникващи патогени. От друга страна, някои типове патогени (напр. вируси без обвивка) обикновено са стабилни в повечето среди.

И накрая, земеделските или производствените практики, използвани за производството на съставката, оказват влияние върху риска. Например, практиката за сушене на зърна близо до пътища, по които минават камиони, превозващи живи свине, увеличава шанса за вирусно заразяване. Обратно, съставките, произведени и запечатани в биобезопасни съоръжения с безопасни процеси и ниска вероятност от излагане на околната среда, представляват по-малък риск.

Биосигурността на фуражите, съставките и фуражните заводи е от съществено значение за намаляване на рисковете от инфекциозни заболявания на всички етапи от производството на свине [76,77] и прилагането на процедури за биосигурност, фокусирани върху фуража, може да помогне за справяне с тези рискове.

Нарушенията в биосигурността на фуражите могат да доведат до заразяване с вируси по време на отглеждане, събиране, обработка или последваща преработка на култури, предназначени за храна на свине.

В преглед на превенцията на нахлуването на ASFV във ферми в задните дворове на Европейския съюз (ЕС) препоръките включват да не се изхранват прасетата с прясно добити фуражи от региони с ASFV [78]. Тази препоръка е продиктувана от епидемиологичните изследвания, свързващи прясната трева и семена, замърсени със секрети на заразено диво прасе, което е имало достъп до полето [79]. Освен това осигуряването на биосигурност на съдовете за транспортиране на фуражи е от съществено значение, тъй като замърсените гъвкави междинни връзки между контейнерите за насипни фуражи се смятат за вероятна основна причина за избухването на PEDV в САЩ [80]. И накрая, необходимо е сигурно съхранение на фуража, предназначен за консумация от прасета, тъй като необезопасените складове за фураж са свързани с въвеждането на ASFV във фермите на ЕС [55].

Наскоро Канадската агенция за инспекция на храните (CFIA) се опита да разработи критерии за оценка на риска за мелниците за фураж за селскостопански животни и публикува 34 рискови фактора, определени като важни за безопасността и сигурността на фуражния завод. Сред идентифицираните фактори са:

- производствени практики, позволяващи замърсяване на фураж чрез отворено оборудване;
- използване на рискови вносни фуражни съставки;
- мерки за контрол на входящите съставки, като сертификати за анализ или одити на доставчици; и
- контроли за готови фуражи, като опаковъчен материал за еднократна употреба и последователност при транспортиране [81].

Много настоящи протоколи за биосигурност на свинеферми могат да бъдат директно преведени в средата на фуражния завод. Протоколите могат да включват разпоредби за

- (1) ограничаване на достъпа на хора и превозни средства,
- (2) вземане на душ преди влизане в съоръжението,
- (3) смяна на дрехи и обувки преди влизане,
- (4) формиране на разделителни линии или бариери за идентифициране на зони с ограничен достъп,
- (5) забрана на влизането на продукти с висок риск,
- (6) дезинфекция на консумативи и оборудване,
- (7) осигуряване на почистване и хигиена на персонала,
- (8) осигуряване на време за карантина за служители и посетители, пътуващи до страни, положителни за ASFV,
- (9) ограничаване на излагането на персонала на свине,

- (10) извършване на контрол на вредителите,
- (11) обеззаразяване на превозни средства за транспорт и доставка и
- (12) осигуряване на обучение за безопасно боравене с фураж за оператори във фуражни заводи и шофьори на камиони.

Pudenz et al. (2019) смятат, че възприемането и прилагането на практиките за биосигурност зависи от нагласите на свиневъдите, вида на мерките и осъществимостта на прилагането им. За щастие процедурите за биосигурност на фуража, включени в плана за сигурно снабдяване със свинско месо, като получаване и съхранение на фураж в устойчиви на вредители контейнери и измитане на разсипания фураж, се съобщава, че са силно приети от над 90% от >300 анкетирани производители в САЩ [82].

## **6. Физически методи за намаляване на риска от ASFV във фуража**

В допълнение към съображенията за биосигурност и снабдяване, **физическото и химическо третиране на фуража или съставките могат да бъдат инструменти за намаляване на риска от ASFV.**

Прилагането на **фуражна карантина** [54] или съхранение на съставките след внос от високорискови страни и региони е една стратегия, предназначена да позволи разпадането на вируса преди включването на съставките в диети за свине. Например полуживотът на ASFV [61] наскоро е използван за предоставяне на информация за времето на задържане на фуража, което да прилагат производителите на свине в САЩ, за да се достигне 99,99% разграждане на ASFV във високорискови фуражни съставки [83]. Времето за задържане се основава на 13 полуживота, което е времето, необходимо за намаляване на концентрацията на ASFV до 0,01% от първоначалното ѝ количество. Средното време за задържане варира между 125 и 168 дни за конвенционално соево брашно, органично соево брашно и холин, изложени на умерени условия на околната среда при средна температура от 12,3° C. Освен това са докладвани времена на задържане за достигане на 99,99% разграждане на SVA в конвенционално соево брашно, DDGS, витамин D и лизин при три стойности на средни температури – времето на задържане варира от 39 до 494 дни при 4° C, 13 до 182 дни при 15° C и 13 до 26 дни при 30° C [83].

През март 2019 г. CFIA въведе изисквания за съхранение на непреработено зърно, маслодайни семена и свързани с тях храни, внесени от страни, изложени на риск от заразяване с ASFV. Тези разпоредби за съхранение са предназначени да намалят риска от въвеждане на ASFV в Канада чрез внесени растителни фуражни съставки. Разпоредбите включват съхранение на съставките най-малко 100 дни при 10° C или 20 дни при 20° C. Като алтернатива, CFIA предостави регулаторни насоки за **топлинна обработка на фуражни съставки**, за да се увеличи скоростта на разпадане на вируса и допълнително да се намали рискът от ASFV. По-конкретно, хранителните съставки се нагряват за 30 минути при 70° C или 5 минути при 85° C. Необходими са време за съхранение или топлинна обработка преди вносните продукти да влязат във веригата за хранене на животните [84].

В ЕС, където ASFV присъства в дивите свине и се съобщава за заразяване на полските култури, препоръките включват съхраняване на прясна трева и зърнени храни за 30 дни преди хранене и съхранение на слама за 90 дни преди използване за постеля. Тези препоръки са за намаляване на риска полските култури да бъдат източник на ASFV за местните свинеферми [85].

**Топлинните обработки и съхранението на култури и съставки на растителна основа са показали експериментална ефикасност при намаляване на**

**инфекциозността на вируси по свинете като ASFV и PEDV.** Например Fischer et al. (2020) заразиха полски култури, включително пшеница, ечемик, ръж, тритикале, царевица и грах, с ASFV Армения 2008, преди да подложат културите на 2-часов период на сушене при 20° C. След 2 часа съхранение при стайна температура не може да се изолира инфекциозен вирус от непреработените култури [86].

Стабилността на ASFV изолат от Руската федерация е изследвана при различни температури в комбинирани фуражи, направени предимно от ечемик и пшеница [87]. Резултатите съобщават, че инфекциозният ASFV е неоткриваем в инокулирания фураж след 5 дни при 22–25° C и след 40 дни при 4–6° C. **При температури между –16° C и –20° C, инфекциозният ASFV се открива в растителния комбиниран фураж за цялата продължителност на 60-дневното проучване** [87].

Trudeau et al. (2017) съобщават за стабилността на PEDV, PDCoV и вируса на трансмисивен гастроентерит (TGEV) при 25° C в пълноценен фураж за свине и няколко съставки, включително изсушена чрез пулверизиране свинска плазма, месно брашно, месо и костно брашно, кръв шрот, царевица, соев шрот и DDGS. В края на 56-дневното проучване инфекциозните PEDV, PDCoV и TGEV все още се откриват във всички тествани фуражи и съставки, като соевият шрот поддържа най-високия титър за трите вируса [88]. Друга работа от същата група учени изследва топлинната обработка на пълноценен фураж, замърсен с PEDV, съобщавайки за инактивиране на вируса във фуража след 25 минути при 120° C, 15 минути при 130–140° C и 10 минути при 145° C [89]. Освен това се съобщава за значителни намаления на титъра на PEDV в девет различни замърсени фуражи и съставки след термична обработка с използване на пониски температури: след 30 минути, 2,4 log намаление при 60° C, 2,7 log намаление при 70° C, 3,4 log намаление при 80° C и 3,9 log намаление при 90° C [90].

## 7. Химически методи за намаляване на ASFV във фуражите

Фуражните добавки с антимикробна активност срещу ASFV и други вируси по свинете събудиха значителен интерес в резултат на осъзнаването на рисковете от фуражите и необходимостта от антибиотични алтернативи [91]. Проучванията, оценяващи ефикасността на различни химически смекчаващи средства за хранене, са обобщени в таблица 2. Основните класове добавки, изследвани за антивирусна активност, включват **воден формалдехид, мастни киселини със средна верига, мастни киселини с къса верига, органични киселини и етерични масла**. Механично, тези антимикробни продукти инактивират вирусите по различни начини и разпоредбите за употреба варират в различните страни. Например, смята се, че средноверижните мастни киселини (MCFA) намаляват инфекциозността на вируса чрез разрушаване на вирусната обвивка, което води до деконструкция на вириона и неспособност да се свърже с клетката гостоприемник за навлизане [92]. Втори пример е воден формалдехид, за който се смята, че намалява инфекциозността на вируса чрез алкилиране и кръстосано свързване на вирусни нуклеинови киселини и протеини [93].

**Таблица 2. Проучвания, отчитащи ефикасността на различни фуражни добавки за намаляване на риска от вируси по свинете във фуража.**

Патоген	Смекчаващ риска агент Състав	Степен на включване	Метод за тестване	Резултат или ефекти	Справка
ASFV	Воден формалдехид и пропионова киселина,	0,03–1,0%	Клетъчна култура; тествани в пълноценни фуражи и съставки при ср. 12,3° C температура	Дозозависимо инактивиране; намалена инфекциозност във фуражните съставки;	[94]

	MCFA (C6:C8:C10)		при 30-дневен модел на презокеанска доставка	намалено количество на вирусна ДНК във фуража <sup>a</sup>	
<b>ASFV</b>	MCFA (C8:C10:C12);	0,25–2,0%	Клетъчна култура; пълноценен фураж съхраняван за 30 минути или 1 ден при стайна температура	Намалени вирусни титри в клетъчна култура чрез MCFA и GML; дозозависима антивирусна активност чрез GML; намалена инфекциозност в пълноценен фураж с GML при $\geq 1,0\%$ ; няма ефект върху вирусната ДНК	[95]
<b>PRRSV</b> <b>SVA</b> <b>PEDV</b>	Воден формалдехид, органични киселини, подкислители, НМТВа, SCFA, MCFA, LCFA, GML и етерични масла	0,1–3,0%	Поглъщане на пълноценен фураж натурална консумация за 15 дни	Намалени клинични признаци и намалено откриване на вирус в биологични проби; повишено наддаване на тегло <sup>b</sup>	[96]
<b>PEDV</b>	Млечна киселина	0,75–1,5%	Съхранен в пълноценен фураж при	Намалена инфекциозност във фуража	[97]
<b>PEDV</b>	Воден формалдехид и пропионова киселина	0,33%	Съхранен в пълноценен фураж и съставки при зимни условия (средна температура между $-9^{\circ}\text{C}$ и $-18^{\circ}\text{C}$ ) за 30 дни	Намалена инфекциозност във фуража и съставките; намалено количество на вирусна РНК във фуража	[98]
<b>PEDV</b>	Воден формалдехид и пропионова киселина; MCFA (C6:C8:C10)	0,36–11,1%	Тестван в промити оризови люспи чрез оборудване за производство на фуражи след пълен фураж	Намалено количество на вирусна РНК в промитите оризови люспи <sup>a</sup>	[99]
<b>PEDV</b>	Бензоена киселина и етерични масла	0,02–0,5%	Съхранява се в пълноценен фураж за 42 дни	Намалено количество на вирусна РНК във фуража при комбинирана обработка с двете добавки; няма ефект върху инфекциозността на вируса във фуража	[100]
<b>PEDV</b>	Воден формалдехид и пропионова киселина, MCFA (C6:C8:C10)	0,33–2,0%	Тестван в пълноценен фураж и съставки при средна температура $6,1^{\circ}\text{C}$ в 37-дневен трансокеански модел на превоз	Намалена инфекциозност в съставките на фуража; намалено количество на вирусна РНК във фуража <sup>a</sup>	[41]
<b>PEDV</b>	Воден формалдехид и пропионова киселина	0,32%	Поглъщане на пълноценен фураж чрез естествена консумация за 14 дни	Предотвратено предаване на прасета чрез замърсен фураж; намалено количество на вирусна РНК във фуража	[101]



<b>PEDV</b>	Органични киселини, подкислители, захароза и натриев хлорид	0,2–0,4%	Съхранява се в пълноценен фураж при 25° С за 21 дни	Повишена скорост на разпадане на вируса в пълноценен фураж <sup>c</sup>	[89]
<b>PEDV</b>	Воден формалдехид и пропионова киселина, MCFA (C6:C8:C10)	0,125–1,0%	Съхранява се в пълноценен фураж при стайна температура за 1 ден	Намалена инфекциозност във фуража; Дозозависимо намалено количество на вирусна РНК във фуража	[102]
<b>PEDV</b>	MCFA (C6:C8:C10)	0,25–1,5%	Съхранява се в пълноценна храна при средна температура 25,8° С за 40 дни преди инокулацията; съхранявани при стайна температура в продължение на 3 дни след инокулацията	Дозозависимо намалено количество на вирусна РНК във фуража	[103]
<b>PDCoV</b>	Органични киселини, подкислители, захароза и натриев хлорид	Ниска: 0,2–3,0% Висока: 0,4–6,0%	Съхранява се в пълноценен фураж при 25° С в продължение на 35 дни	Няма ефект при по-ниски концентрации; повишена скорост на разпадане на вируса в пълноценен фураж при по-високи концентрации <sup>d</sup>	[104]

**Ключ:** *ASFV*, вирус на африканска чума по свинете; *PEDV*, вирус на епидемична диария по свинете; *PRRSV*, вирус на репродуктивен и респираторен синдром по свинете; *SVA*, Seneca вирус А; *SCFA*, късоверижни мастни киселини; *MCFA*, средноверижни мастни киселини; *LCFA*, дълговерижни мастни киселини; *GML*, глицерол монолаурат; *HMTBa*, хидроксилан аналог на метионин. **a** – Намалено количество нуклеинова киселина, свързано само с воден формалдехид или лечение с високо *MCFA* (11,1%); **b** – подобрен резултат, който не се наблюдава при лечение с *Vigilex* (масла, ферментационни продукти, суроватъчни продукти, растителни протеини); **c** – повишена скорост на разпадане на *PEDV*, която не се наблюдава след лечение с натриев хлорид или *Ultracid P* (ортофосфорна, лимонена, фумарова, ябълчена киселина); **d** – повишена скорост на разпадане на *PDCoV*, която не се наблюдава след третиране с високи концентрации на захароза или мравчена киселина.

Ефикасността както на *MCFA*, така и на водния формалдехид е експериментално потвърдена за *ASFV*. Niederwerder et al. (2020) изследват *MCFA* (съотношение 1:1:1 на C6, C8 и C10) и воден формалдехид (*Sal CURB®*) за тяхната способност да инактивират или намаляват инфекциозността на *ASFV* в клетъчна култура и във фураж под трансокеански модел на превоз [94]. В клетъчна култура кривите доза-отговор са определени чрез добавяне на *MCFA* или воден формалдехид при различни нива на включване (0,03–2,0%) към стандартен обем *ASFV*; проведени са анализи на титруване за количествено определяне на *ASFV*, оставащ след излагане на течни добавки. Резултатите показват зависимо от дозата намаление на титъра на *ASFV* след излагане на двата продукта, при нива на добавяне на *MCFA* (0,70%) и формалдехид (0,35%), необходими за намаляване на *ASFV* под нивото на откриване в клетъчна култура.

В транскеанския модел, МСФА и водният формалдехид са тествани срещу ASFV в девет различни фуражни съставки: конвенционално соево брашно, органично соево брашно, соево къспе на питки, холин, влажна храна за кучета, влажна храна за котки, суха храна за кучета, обвивки за свински колбаси и концентриран фураж под формата на брашно. Замърсените с ASFV съставки са смесени или с МСФА (1,0% добавка) или с воден формалдехид (0,33% добавка) по време на 30-дневния модел, симулиращ условията на доставка. Въпреки че всички третиращи фуражни съставки поддържат откриваема ДНК на ASFV при тестване с PCR, резултатите показват намалена ASFV инфекциозност след третиране, като повечето третиращи с МСФА фуражни съставки (16/18) и всички третиращи с формалдехид фуражни съставки (18/18) не съдържат инфекциозен ASFV при заключение от проучването [94]. При условията на тези проучвания, както МСФА, така и базираните на формалдехид фуражни добавки демонстрират ефикасност в зависимост от дозата за намаляване на инфекциозността на ASFV и показват потенциал като смекчаващи средства за намаляване на риска от въвеждане и предаване на ASFV чрез фураж.

Няколко допълнителни проучвания са потвърдили антивирусните ефекти на МСФА, воден формалдехид, органични киселини и други добавки срещу вируси по свинете, ендемични за САЩ (Таблица 2). Различни методи за тестване включват култивиране *in vitro* върху клетъчни линии, съхранение при различни времеви и температурни комбинации, излагане на транскеански условия на превоз, промиване на оборудването за производство на фураж и хранене чрез естествена консумация. Например, Dee et al. (2020 г.) съобщават за стабилен анализ на 15 химически разнообразни фуражни добавки за тяхната ефикасност срещу вируса на репродуктивния и респираторен синдром при свинете (PRRSV), PEDV и SVA чрез естествена консумация на замърсен пълноценен фураж. Интересното е, че всички продукти с изключение на един (14/15; 93%) осигуряват благоприятни ефекти по отношение на резултата, включително намалени клинични признаци, намалено откриване на вируси в биологични проби и повишено средно дневно наддаване [96].

Взети заедно, физическото и химическото третиране предоставят възможности за намаляване на рисковете от вируси във фуража; важно е обаче да се отбележи, че повечето методи за смекчаване не елиминират ДНК на ASFV или друга вирусна нуклеинова киселина от фуража, което подчертава значението на определянето на биологичната инфекциозност на вируса след прилагане на мерките за намаляването му.

## 8. ИЗВОДИ

Експерименталните изследвания доказват, че ASFV е като цяло стабилен в често внасяните фуражни съставки, предаването е възможно чрез консумация на замърсени с ASFV фуражи на растителна основа, а физическото и химическото третиране на фуража може да смекчи риска от въвеждане на ASFV.

Епидемиологичните доказателства свързват замърсените фуражи с поледи огнища на ASFV както в Европа, така и в Азия. Разширяващото се географско разпространение на ASFV продължава да увеличава риска от нахлуване в САЩ. С икономическите загуби от въвеждането на ASFV в стадото свине в САЩ, оценени на >15 милиарда долара поради производствени загуби и смущения на пазара, значението на предотвратяването на навлизането е изключително важно. Тъй като хиляди метрични тонове фуражни съставки за свине се внасят всяка година в САЩ от страни с активни огнища на АЧС, изключително важно е стратегиите за смекчаване/намаляване на риска да бъдат проучени и приети, за да се намали рискът от навлизане на ASFV по този път.



Други научни становища и актуална информация от областта на здравето, хуманното отношение и благосъстоянието на животните, антимикробната резистентност, както и оценка на риска по цялата хранителна верига може да намерите на сайта на Центъра за оценка на риска по хранителната верига:

### **ЦОРХВ, Научна оценка „Разпространение на африканската чума по свинете в Европа през 2022 г. и оценка на риска за новия сезон 2022/2023 г.;**

<https://corh.v.government.bg/%D0%94-%D0%A0-%D0%A9%D0%A9%D0%A9%D0%9E%D0%95%D0%92-%D0%94%D0%92%D0%9C-%D0%94-%D0%A0-%D0%9C%D0%92%D0%90%D0%A1%D0%98%D0%9B%D0%95%D0%92%D0%90-%D0%97%D0%9E%D0%9E%D0%98%D0%9D%D0%96-%D0%94-%D0%A0-%D0%9D-%D0%9B%D0%A3%D0%A9%D0%90%D0%9D%D0%9E%D0%92%D0%90-%D0%9E%D0%9D%D0%A1-%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%A7%D0%9D%D0%90-%D0%9E%D0%A6%D0%95%D0%9D%D0%A9%D0%90-n-71-2041>

### **Африканска чума по свинете – рискове за разпространение чрез фуражи, постеля и транспорт (Научно становище на Европейския орган за безопасност на храните, EFSA)**

<https://corh.v.government.bg/%D0%97%D0%BE%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D0%B6-%D0%B4-%D1%80-%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B0-%D0%9B%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%90%D1%84%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0-%D1%87%D1%83%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%BE-%D1%81%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B5-%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B5-%D0%B7%D0%B0-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-n-27-1532>

**Сфери на научни изследвания за запълване на пропуските в знанията относно оцеляването на вируса на африканската чума по свинете в околната среда и трупове на диви свине за подобряване на контрола на популациите им (Научно становище на Европейския орган за безопасност на храните, EFSA)**

<https://corh.v.government.bg/%D0%97%D0%BE%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D0%B6-%D0%B4-%D1%80-%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B0-%D0%9B%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9E%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B0-%D0%BD%D0%B0-%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B8%D1%82%D0%B5-%D0%B7%D0%B0-%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D0%B8%D0%B3%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82-n-27-1581>

**Оценка на мерките за биологична сигурност на животновъдните обекти за отглеждане на свине на открито и на рисковете от проникване и разпространение на вируса на АЧС в тях (Научно становище на Европейския орган за безопасност на храните, EFSA)**

<https://corh.v.government.bg/%D0%97%D0%BE%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D0%B6-%D0%B4-%D1%80-%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B0-%D0%9B%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9E%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B0-%D0%BD%D0%B0-%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B8%D1%82%D0%B5-%D0%B7%D0%B0-%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D0%B8%D0%B3%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82-n-27-1550>

Както и други материали:

<http://corh.v.government.bg/>  
<http://corh.v.government.bg/?cat=27>  
<http://corh.v.government.bg/?cat=71>

Д-р Койчо Коев, д.в.м.  
д-р Мадлен Василева  
07.12.2022 г.

**Препратки и книгопис към оригиналната статия:**

Niederwerder, Megan C. 2021. "Risk and Mitigation of African Swine Fever Virus in Feed" *Animals* 11, no. 3: 792. <https://doi.org/10.3390/ani11030792>

*Acknowledgments: The author thanks Mal Hoover for her assistance with the illustrations.*

1. Woonwong, Y.; Do Tien, D.; Thanawongnuwech, R. *The Future of the Pig Industry After the Introduction of African Swine Fever into Asia*. *Anim. Front.* **2020**, *10*, 30–37. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
2. Sang, H.; Miller, G.; Lokhandwala, S.; Sangewar, N.; Waghela, S.D.; Bishop, R.P.; Mwangi, W. *Progress toward Development of Effective and Safe African Swine Fever Virus Vaccines*. *Front. Vet. Sci.* **2020**, *7*, 84. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
3. Carriquiry, M.; Elobeid, A.; Swenson, D.; Hayes, D. *Impacts of African Swine Fever in Iowa and the United States*; Iowa State University Digital Repository: Ames, IA, USA, 2020. [[Google Scholar](#)]
4. Alonso, C.; Borca, M.; Dixon, L.; Revilla, Y.; Rodriguez, F.; Escribano, J.M.; Ictv Report, C. *ICTV Virus Taxonomy Profile: Asfarviridae*. *J. Gen. Virol.* **2018**, *99*, 613–614. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
5. Ghedin, E.; Sengamalay, N.A.; Shumway, M.; Zaborsky, J.; Feldblyum, T.; Subbu, V.; Spiro, D.J.; Sitz, J.; Koo, H.; Bolotov, P.; et al. *Large-scale sequencing of human influenza reveals the dynamic nature of viral genome evolution*. *Nature* **2005**, *437*, 1162–1166. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
6. Galindo, I.; Alonso, C. *African Swine Fever Virus: A Review*. *Viruses* **2017**, *9*, 103. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
7. Blome, S.; Gabriel, C.; Beer, M. *Pathogenesis of African swine fever in domestic pigs and European wild boar*. *Virus Res.* **2013**, *173*, 122–130. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
8. Olesen, A.S.; Lohse, L.; Boklund, A.; Halasa, T.; Gallardo, C.; Pejsak, Z.; Belsham, G.J.; Rasmussen, T.B.; Bøtner, A. *Transmission of African swine fever virus from infected pigs by direct contact and aerosol routes*. *Vet. Microbiol.* **2017**, *211*, 92–102. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
9. Olesen, A.S.; Belsham, G.J.; Bruun Rasmussen, T.; Lohse, L.; Bødker, R.; Halasa, T.; Boklund, A.; Bøtner, A. *Potential routes for indirect transmission of African swine fever virus into domestic pig herds*. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**, *67*, 1472–1484. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
10. Burrage, T.G. *African swine fever virus infection in Ornithodoros ticks*. *Virus Res.* **2013**, *173*, 131–139. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Niederwerder, M.C.; Rowland, R.R. *Is There a Risk for Introducing Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV) through the Legal Importation of Pork?* *Food Environ. Virol.* **2017**, *9*, 1–13. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
12. McVicar, J.W.; Mebus, C.A.; Becker, H.N.; Belden, R.C.; Gibbs, E.P.J. *Induced African swine fever in feral pigs*. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **1981**, *179*, 441–446. [[Google Scholar](#)]
13. Rock, D.L. *Challenges for African swine fever vaccine development-“... perhaps the end of the beginning”*. *Vet. Microbiol.* **2017**, *206*, 52–58. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
14. Eustace Montgomery, R. *On a Form of Swine Fever Occurring in British East Africa (Kenya Colony)*. *J. Comp. Pathol. Ther.* **1921**, *34*, 159–191. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
15. Rowlands, R.J.; Michaud, V.; Heath, L.; Hutchings, G.; Oura, C.; Vosloo, W.; Dwarka, R.; Onashvili, T.; Albina, E.; Dixon, L.K. *African swine fever virus isolate, Georgia, 2007*. *Emerg. Infect. Dis.* **2008**, *14*, 1870–1874. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
16. Malogolovkin, A.; Yelsukova, A.; Gallardo, C.; Tsybanov, S.; Kolbasov, D. *Molecular characterization of African swine fever virus isolates originating from outbreaks in the Russian Federation between 2007 and 2011*. *Vet. Microbiol.* **2012**, *158*, 415–419. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Pejsak, Z.; Truszczyński, M.; Niemczuk, K.; Kozak, E.; Markowska-Daniel, I. *Epidemiology of African Swine Fever in Poland since the detection of the first case*. *Pol. J. Vet. Sci.* **2014**, *17*, 665–672. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
18. Olsevskis, E.; Guberti, V.; Serzants, M.; Westergaard, J.; Gallardo, C.; Rodze, I.; Depner, K. *African swine fever virus introduction into the EU in 2014: Experience of Latvia*. *Res. Vet. Sci.* **2016**, *105*, 28–30. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

19. Forth, J.H.; Forth, L.F.; Václavek, P.; Barták, P.; Höper, D.; Beer, M.; Blome, S. Whole-Genome Sequence of an African Swine Fever Virus Isolate from the Czech Republic. *Microbiol. Resour. Announc.* **2020**, *9*. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
20. Zhou, X.; Li, N.; Luo, Y.; Liu, Y.; Miao, F.; Chen, T.; Zhang, S.; Cao, P.; Li, X.; Tian, K.; et al. Emergence of African Swine Fever in China, 2018. *Transbound. Emerg. Dis.* **2018**. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]
21. Wang, T.; Sun, Y.; Qiu, H.J. African swine fever: An unprecedented disaster and challenge to China. *Infect. Dis. Poverty* **2018**, *7*, 111. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
22. Heilmann, M.; Lkhagvasuren, A.; Adyasuren, T.; Khishgee, B.; Bold, B.; Ankhambaatar, U.; Fusheng, G.; Raizman, E.; Dietze, K. African Swine Fever in Mongolia: Course of the Epidemic and Applied Control Measures. *Vet. Sci.* **2020**, *7*, 24. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
23. Le, V.P.; Jeong, D.G.; Yoon, S.W.; Kwon, H.M.; Trinh, T.B.N.; Nguyen, T.L.; Bui, T.T.N.; Oh, J.; Kim, J.B.; Cheong, K.M.; et al. Outbreak of African Swine Fever, Vietnam, 2019. *Emerg. Infect. Dis.* **2019**, *25*. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
24. Kim, H.J.; Cho, K.H.; Lee, S.K.; Kim, D.Y.; Nah, J.J.; Kim, H.J.; Kim, H.J.; Hwang, J.Y.; Sohn, H.J.; Choi, J.G.; et al. Outbreak of African swine fever in South Korea, 2019. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**, *67*, 473–475. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
25. Smith, D.; Cooper, T.; Pereira, A.; Jong, J. Counting the cost: The potential impact of African Swine Fever on smallholders in Timor-Leste. *One Health (Amst. Neth.)* **2019**, *8*, 100109. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Boklund, A.; Dhollander, S.; Chesnoiu Vasile, T.; Abrahantes, J.C.; Botner, A.; Gogin, A.; Gonzalez Villeta, L.C.; Gortázar, C.; More, S.J.; Papanikolaou, A.; et al. Risk factors for African swine fever incursion in Romanian domestic farms during 2019. *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 10215. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
27. Zani, L.; Dietze, K.; Dimova, Z.; Forth, J.H.; Denev, D.; Depner, K.; Alexandrov, T. African Swine Fever in a Bulgarian Backyard Farm-A Case Report. *Vet. Sci.* **2019**, *6*, 94. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
28. Forth, J.H.; Tignon, M.; Cay, A.B.; Forth, L.F.; Hoper, D.; Blome, S.; Beer, M. Comparative Analysis of Whole-Genome Sequence of African Swine Fever Virus Belgium 2018/1. *Emerg. Infect. Dis.* **2019**, *25*, 1249–1252. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
29. Miličević, V.; Kureljušić, B.; Maksimović Zorić, J.; Savić, B.; Stanojević, S.; Milakara, E. First Occurrence of African Swine Fever in Serbia. *Acta Vet. (Beogr.)* **2019**, *69*, 443–449. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
30. Sauter-Louis, C.; Forth, J.H.; Probst, C.; Staubach, C.; Hlinak, A.; Rudovsky, A.; Holland, D.; Schlieben, P.; Göldner, M.; Schatz, J.; et al. Joining the club: First detection of African swine fever in wild boar in Germany. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Stevenson, G.W.; Hoang, H.; Schwartz, K.J.; Burrough, E.R.; Sun, D.; Madson, D.; Cooper, V.L.; Pillatzki, A.; Gauger, P.; Schmitt, B.J.; et al. Emergence of Porcine epidemic diarrhea virus in the United States: Clinical signs, lesions, and viral genomic sequences. *J. Vet. Diagn. Investig. Off. Publ. Am. Assoc. Vet. Lab. Diagn. Inc.* **2013**, *25*, 649–654. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
32. Wang, L.; Byrum, B.; Zhang, Y. Detection and genetic characterization of deltacoronavirus in pigs, Ohio, USA, 2014. *Emerg. Infect. Dis.* **2014**, *20*, 1227–1230. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
33. Wang, Y.; Grunewald, M.; Perlman, S. Coronaviruses: An Updated Overview of Their Replication and Pathogenesis. *Methods Mol. Biol. (Clifton, N. J.)* **2020**, *2203*, 1–29. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
34. Niederwerder, M.C.; Hesse, R.A. Swine enteric coronavirus disease: A review of 4 years with porcine epidemic diarrhoea virus and porcine deltacoronavirus in the United States and Canada. *Transbound. Emerg. Dis.* **2018**, *65*, 660–675. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]
35. Jung, K.; Saif, L.J. Porcine epidemic diarrhea virus infection: Etiology, epidemiology, pathogenesis and immunoprophylaxis. *Vet. J. (Lond. Engl. 1997)* **2015**, *204*, 134–143. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

36. Bevins, S.N.; Lutman, M.; Pedersen, K.; Barrett, N.; Gidlewski, T.; Deliberto, T.J.; Franklin, A.B. Spillover of Swine Coronaviruses, United States. *Emerg. Infect. Dis.* **2018**, *24*, 1390–1392. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
37. SDRS. October Domestic Disease Monitoring Report; Swine Disease Reporting System: Ames, IA, USA, 2020; Available online: [https://www.swinehealth.org/wp-content/uploads/2020/10/SDRS\\_report\\_-32.pdf](https://www.swinehealth.org/wp-content/uploads/2020/10/SDRS_report_-32.pdf) (accessed on 6 October 2020).
38. Su, Y.; Hou, Y.; Prarat, M.; Zhang, Y.; Wang, Q. New variants of porcine epidemic diarrhea virus with large deletions in the spike protein, identified in the United States, 2016–2017. *Arch. Virol.* **2018**, *163*, 2485–2489. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Huang, Y.W.; Dickerman, A.W.; Pineyro, P.; Li, L.; Fang, L.; Kiehne, R.; Opriessnig, T.; Meng, X.J. Origin, evolution, and genotyping of emergent porcine epidemic diarrhea virus strains in the United States. *mBio* **2013**, *4*, e00737-13. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]
40. Stoian, A.M.M.; Petrovan, V.; Constance, L.A.; Olcha, M.; Dee, S.; Diel, D.G.; Sheahan, M.A.; Rowland, R.R.R.; Patterson, G.; Niederwerder, M.C. Stability of classical swine fever virus and pseudorabies virus in animal feed ingredients exposed to transpacific shipping conditions. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**, *67*, 1623–1632. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
41. Dee, S.; Neill, C.; Singrey, A.; Clement, T.; Cochrane, R.; Jones, C.; Patterson, G.; Spronk, G.; Christopher-Hennings, J.; Nelson, E. Modeling the transboundary risk of feed ingredients contaminated with porcine epidemic diarrhea virus. *BMC Vet. Res.* **2016**, *12*, 51. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)] [[Green Version](#)]
42. Dee, S.; Clement, T.; Schelkopf, A.; Nerem, J.; Knudsen, D.; Christopher-Hennings, J.; Nelson, E. An evaluation of contaminated complete feed as a vehicle for porcine epidemic diarrhea virus infection of naive pigs following consumption via natural feeding behavior: Proof of concept. *BMC Vet. Res.* **2014**, *10*, 176. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
43. Schumacher, L.L.; Woodworth, J.C.; Jones, C.K.; Chen, Q.; Zhang, J.; Gauger, P.C.; Stark, C.R.; Main, R.G.; Hesse, R.A.; Tokach, M.D.; et al. Evaluation of the minimum infectious dose of porcine epidemic diarrhea virus in virus-inoculated feed. *Am. J. Vet. Res.* **2016**, *77*, 1108–1113. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)] [[Green Version](#)]
44. Pasick, J.; Berhane, Y.; Ojkic, D.; Maxie, G.; Embury-Hyatt, C.; Swekla, K.; Handel, K.; Fairles, J.; Alexandersen, S. Investigation into the role of potentially contaminated feed as a source of the first-detected outbreaks of porcine epidemic diarrhea in Canada. *Transbound. Emerg. Dis.* **2014**, *61*, 397–410. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
45. Bowman, A.S.; Krogwold, R.A.; Price, T.; Davis, M.; Moeller, S.J. Investigating the introduction of porcine epidemic diarrhea virus into an Ohio swine operation. *BMC Vet. Res.* **2015**, *11*, 38. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)] [[Green Version](#)]
46. Perri, A.M.; Poljak, Z.; Dewey, C.; Harding, J.C.S.; O’Sullivan, T.L. An epidemiological investigation of the early phase of the porcine epidemic diarrhea (PED) outbreak in Canadian swine herds in 2014: A case-control study. *Prev. Vet. Med.* **2018**, *150*, 101–109. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
47. Perri, A.M.; Poljak, Z.; Dewey, C.; Harding, J.C.S.; O’Sullivan, T.L. Network analyses using case-control data to describe and characterize the initial 2014 incursion of porcine epidemic diarrhea (PED) in Canadian swine herds. *Prev. Vet. Med.* **2019**, *162*, 18–28. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
48. Sasaki, Y.; Alvarez, J.; Sekiguchi, S.; Sueyoshi, M.; Otake, S.; Perez, A. Epidemiological factors associated to spread of porcine epidemic diarrhea in Japan. *Prev. Vet. Med.* **2016**, *123*, 161–167. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
49. Sung, M.H.; Lin, C.N.; Chiou, M.T.; Cheng, I.J.; Thanh, Q.H.; Chao, D.Y.; Lan, Y.C. Phylogeographic investigation of 2014 porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) transmission in Taiwan. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0213153. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]
50. Jurado, C.; Mur, L.; Pérez Aguirreburualde, M.S.; Cadenas-Fernández, E.; Martínez-López, B.; Sánchez-Vizcaino, J.M.; Perez, A. Risk of African swine fever virus introduction into the United States through smuggling of pork in air passenger luggage. *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 14423. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
51. Niederwerder, M.C.; Stoian, A.M.M.; Rowland, R.R.R.; Dritz, S.S.; Petrovan, V.; Constance, L.A.; Gebhardt, J.T.; Olcha, M.; Jones, C.K.; Woodworth, J.C.; et al. Infectious Dose of

- African Swine Fever Virus When Consumed Naturally in Liquid or Feed. *Emerg. Infect. Dis.* **2019**, 25, 891–897. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
52. VanderWaal, K.; Perez, A.; Torremorrell, M.; Morrison, R.M.; Craft, M. Role of animal movement and indirect contact among farms in transmission of porcine epidemic diarrhea virus. *Epidemics* **2018**, 24, 67–75. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
  53. Dee, S.; Shah, A.; Cochrane, R.; Clement, T.; Singrey, A.; Edler, R.; Spronk, G.; Niederwerder, M.; Nelson, E. Use of a demonstration project to evaluate viral survival in feed: Proof of concept. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
  54. Dee, S.A.; Niederwerder, M.C.; Patterson, G.; Cochrane, R.; Jones, C.; Diel, D.; Brockhoff, E.; Nelson, E.; Spronk, G.; Sundberg, P. The risk of viral transmission in feed: What do we know, what do we do? *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**, 67, 2365–2371. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
  55. Nurmoja, I.; Mõtus, K.; Kristian, M.; Niine, T.; Schulz, K.; Depner, K.; Viltrop, A. Epidemiological analysis of the 2015–2017 African swine fever outbreaks in Estonia. *Prev. Vet. Med.* **2020**, 181, 104556. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
  56. Wen, X.; He, X.; Zhang, X.; Zhang, X.; Liu, L.; Guan, Y.; Zhang, Y.; Bu, Z. Genome sequences derived from pig and dried blood pig feed samples provide important insights into the transmission of African swine fever virus in China in 2018. *Emerg. Microbes Infect.* **2019**, 8, 303–306. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
  57. Zhai, S.L.; Wei, W.K.; Sun, M.F.; Lv, D.H.; Xu, Z.H. African swine fever spread in China. *Vet. Rec.* **2019**, 184, 559. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
  58. Dee, S.A.; Bauermann, F.V.; Niederwerder, M.C.; Singrey, A.; Clement, T.; de Lima, M.; Long, C.; Patterson, G.; Sheahan, M.A.; Stoian, A.M.M.; et al. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models. *PLoS ONE* **2018**, 13, e0194509. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)] [[Green Version](#)]
  59. SHIC. Swine Disease Matrix. 2018. Available online: <https://www.swinehealth.org/swine-disease-matrix/> (accessed on 18 September 2018).
  60. Bryan, M.; Zimmerman, J.J.; Berry, W.J. The use of half-lives and associated confidence intervals in biological research. *Vet. Res. Commun.* **1990**, 14, 235–240. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
  61. Stoian, A.M.M.; Zimmerman, J.; Ji, J.; Hefley, T.J.; Dee, S.; Diel, D.G.; Rowland, R.R.R.; Niederwerder, M.C. Half-Life of African Swine Fever Virus in Shipped Feed. *Emerg. Infect. Dis.* **2019**, 25, 2261–2263. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
  62. Pietschmann, J.; Guinat, C.; Beer, M.; Pronin, V.; Tauscher, K.; Petrov, A.; Keil, G.; Blome, S. Course and transmission characteristics of oral low-dose infection of domestic pigs and European wild boar with a Caucasian African swine fever virus isolate. *Arch. Virol.* **2015**, 160, 1657–1667. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
  63. Howey, E.B.; O'Donnell, V.; de Carvalho Ferreira, H.C.; Borca, M.V.; Arzt, J. Pathogenesis of highly virulent African swine fever virus in domestic pigs exposed via intraoropharyngeal, intranasopharyngeal, and intramuscular inoculation, and by direct contact with infected pigs. *Virus Res.* **2013**, 178, 328–339. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
  64. McVicar, J.W. Quantitative aspects of the transmission of African swine fever. *Am. J. Vet. Res.* **1984**, 45, 1535–1541. [[Google Scholar](#)] [[PubMed](#)]
  65. de Carvalho Ferreira, H.C.; Weesendorp, E.; Elbers, A.R.; Bouma, A.; Quak, S.; Stegeman, J.A.; Loeffen, W.L. African swine fever virus excretion patterns in persistently infected animals: A quantitative approach. *Vet. Microbiol.* **2012**, 160, 327–340. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
  66. Plowright, W.; Parker, J.; Pierce, M.A. The epizootiology of African swine fever in Africa. *Vet. Rec.* **1969**, 85, 668–674. [[Google Scholar](#)]
  67. Greig, A. Pathogenesis of African swine fever in pigs naturally exposed to the disease. *J. Comp. Pathol.* **1972**, 82, 73–79. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
  68. Blázquez, E.; Pujols, J.; Segalés, J.; Rodríguez, F.; Crenshaw, J.; Rodríguez, C.; Ródenas, J.; Polo, J. Commercial feed containing porcine plasma spiked with African swine fever virus is not infective in pigs when administered for 14 consecutive days. *PLoS ONE* **2020**, 15, e0235895. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

69. Pereira De Oliveira, R.; Hutet, E.; Duhayon, M.; Guionnet, J.M.; Paboeuf, F.; Vial, L.; Le Potier, M.F. Successful Infection of Domestic Pigs by Ingestion of the European Soft Tick *O. Erraticus* That Fed on African Swine Fever Virus Infected Pig. *Viruses* **2020**, *12*, 300. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed][Green Version]
70. Heuschele, W.P. Studies on the pathogenesis of African swine fever. I. Quantitative studies on the sequential development of virus in pig tissues. *Arch. Fur Die Gesamte Virusforsch.* **1967**, *21*, 349–356. [Google Scholar] [CrossRef]
71. Colgrove, G.S.; Haelterman, E.O.; Coggins, L. Pathogenesis of African swine fever in young pigs. *Am. J. Vet. Res.* **1969**, *30*, 1343–1359. [Google Scholar] [PubMed]
72. Plowright, W.; Parker, J.; Staple, R.F. The growth of a virulent strain of African swine fever virus in domestic pigs. *J. Hyg.* **1968**, *66*, 117–134. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
73. Patterson, G.; Niederwerder, M.C.; Dee, S.A. Risks to animal health associated with imported feed ingredients. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2019**, *254*, 790–791. [Google Scholar] [CrossRef]
74. Patterson, G.; Niederwerder, M.C.; Spronk, G.; Dee, S.A. Quantification of soya-based feed ingredient entry from ASFV-positive countries to the United States by ocean freight shipping and associated seaports. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
75. SHIC. Feed Ingredient Safety Decision Tree Matrix; Swine Health Information Center: Ames, IA, USA, 2018; Available online: <https://www.swinehealth.org/wp-content/uploads/2018/09/Feed-Ingredient-Safety.pdf> (accessed on 9 December 2020).
76. Reicks, D.L. Effective biosecurity to protect North American studs and clients from emerging infectious disease. *Theriogenology* **2019**, *137*, 82–87. [Google Scholar] [CrossRef]
77. Stewart, S.C.; Dritz, S.S.; Woodworth, J.C.; Paulk, C.; Jones, C.K. A review of strategies to impact swine feed biosecurity. *Anim. Health Res. Rev.* **2020**, *21*, 61–68. [Google Scholar] [CrossRef]
78. Bellini, S.; Rutili, D.; Guberti, V. Preventive measures aimed at minimizing the risk of African swine fever virus spread in pig farming systems. *Acta Vet. Scand.* **2016**, *58*, 82. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
79. Guinat, C.; Gogin, A.; Blome, S.; Keil, G.; Pollin, R.; Pfeiffer, D.U.; Dixon, L. Transmission routes of African swine fever virus to domestic pigs: Current knowledge and future research directions. *Vet. Rec.* **2016**, *178*, 262–267. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed][Green Version]
80. Scott, A.; McCluskey, B.; Brown-Reid, M.; Grear, D.; Pitcher, P.; Ramos, G.; Spencer, D.; Singrey, A. Porcine epidemic diarrhea virus introduction into the United States: Root cause investigation. *Prev. Vet. Med.* **2016**, *123*, 192–201. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
81. Rhouma, M.; Lachapelle, V.; Comeau, G.; Quessy, S.; Zanabria, R.; Provost, F.; Italiano, C.; Holley, R.; Smillie, J.; Brockhoff, E.; et al. Identification and selection of animal health and food safety-related risk factors to be included in the Canadian Food Inspection Agency's risk assessment model for livestock feed mills. *Food Control* **2021**, *121*. [Google Scholar] [CrossRef]
82. Pudenz, C.C.; Schulz, L.L.; Tonsor, G.T. Adoption of Secure Pork Supply Plan Biosecurity by U.S. Swine Producers. *Front. Vet. Sci.* **2019**, *6*, 146. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
83. Swine Health Information Center (SHIC). Holding Time Calculations for Feed Ingredients to Mitigate Virus Transmission; SHIC: Ames, IA, USA, 2020; Available online: <https://www.swinehealth.org/wp-content/uploads/2020/02/Holding-Time-Calculations-for-Feed-Ingredients-to-Mitigate-Virus-Transmission-Print-02.04.20.pdf> (accessed on 4 February 2020).
84. CFIA. Import Requirements for Plant-Based Feed Ingredients Imported for Use in Livestock Feed. Canadian Food Inspection Agency Health of Animals Act and Health of Animals Regulations. 2019. Available online: <https://www.inspection.gc.ca/animal-health/terrestrial-animals/diseases/reportable/african-swine-fever/plant-based-feed-ingredients/eng/1553706365334/1553706365585#a51> (accessed on 7 January 2021).



85. Anonymous. *Strategic Approach to the Management of African Swine Fever for the EU Working Document*. European Commission Directorate-General for Health and Food Safety, Directorate G—Crisis management in food, animals and plants, SANTE/7113/2015—Rev 12. 2015. Available online: [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/animals/docs/ad\\_control\\_measures\\_asf\\_wrk-doc-sante-2015-7113.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/animals/docs/ad_control_measures_asf_wrk-doc-sante-2015-7113.pdf) (accessed on 7 January 2021).
86. Fischer, M.; Mohnke, M.; Probst, C.; Pikalo, J.; Conraths, F.J.; Beer, M.; Blome, S. Stability of African swine fever virus on heat-treated field crops. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**, *67*, 2318–2323. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
87. Sindryakova, I.P.; Morgunov, Y.P.; Chichikin, A.Y.; Gazaev, I.K.; Kudryashov, D.A.; Tsybanov, S.Z. The Influence of Temperature on the Russian Isolate of African Swine Fever Virus in Pork Products and Feed with Extrapolation to Natural Conditions. *Sel'skokhozyaistvennaya Biol.* **2016**, *51*, 467–474. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
88. Trudeau, M.P.; Verma, H.; Sampedro, F.; Urriola, P.E.; Shurson, G.C.; Goyal, S.M. Environmental persistence of porcine coronaviruses in feed and feed ingredients. *PLoS ONE* **2017**, *12*, e0178094. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
89. Trudeau, M.P.; Verma, H.; Sampedro, F.; Urriola, P.E.; Shurson, G.C.; McKelvey, J.; Pillai, S.D.; Goyal, S.M. Comparison of Thermal and Non-Thermal Processing of Swine Feed and the Use of Selected Feed Additives on Inactivation of Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV). *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0158128. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
90. Trudeau, M.P.; Verma, H.; Urriola, P.E.; Sampedro, F.; Shurson, G.C.; Goyal, S.M. Survival of porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) in thermally treated feed ingredients and on surfaces. *Porc. Health Manag.* **2017**, *3*, 17. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
91. Jackman, J.A.; Boyd, R.D.; Elrod, C.C. Medium-chain fatty acids and monoglycerides as feed additives for pig production: Towards gut health improvement and feed pathogen mitigation. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* **2020**, *11*, 44. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]
92. Thormar, H.; Isaacs, C.E.; Brown, H.R.; Barshatzky, M.R.; Pessolano, T. Inactivation of enveloped viruses and killing of cells by fatty acids and monoglycerides. *Antimicrob. Agents Chemother.* **1987**, *31*, 27. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)][[Green Version](#)]
93. Sabbaghi, A.; Miri, S.M.; Keshavarz, M.; Zargar, M.; Ghaemi, A. Inactivation methods for whole influenza vaccine production. *Rev. Med. Virol.* **2019**, *29*, e2074. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
94. Niederwerder, M.C.; Dee, S.; Diel, D.G.; Stoian, A.M.M.; Constance, L.A.; Olcha, M.; Petrovan, V.; Patterson, G.; Cino-Ozuna, A.G.; Rowland, R.R.R. Mitigating the risk of African swine fever virus in feed with anti-viral chemical additives. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
95. Jackman, J.A.; Hakobyan, A.; Zakaryan, H.; Elrod, C.C. Inhibition of African swine fever virus in liquid and feed by medium-chain fatty acids and glycerol monolaurate. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* **2020**, *11*, 114. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
96. Dee, S.A.; Niederwerder, M.C.; Edler, R.; Hanson, D.; Singrey, A.; Cochrane, R.; Spronk, G.; Nelson, E. An evaluation of additives for mitigating the risk of virus-contaminated feed using an ice-block challenge model. *Transbound. Emerg. Dis.* **2020**. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
97. Dee, S.; DeJong, J.; Neill, C.; Ratliff, B.; Singrey, A.; Hansen, E.; Nelson, E.; Keegan, J.; Gaines, A. Inactivation of porcine epidemic diarrhea virus in contaminated swine feed through inclusion of a dry lactic acid-based product. *J. Swine Health Prod.* **2020**, *28*, 213–216. [[Google Scholar](#)]
98. Dee, S.; Neill, C.; Clement, T.; Singrey, A.; Christopher-Hennings, J.; Nelson, E. An evaluation of porcine epidemic diarrhea virus survival in individual feed ingredients in the presence or absence of a liquid antimicrobial. *Porc. Health Manag.* **2015**, *1*, 9. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]
99. Gebhardt, J.T.; Cochrane, R.A.; Woodworth, J.C.; Jones, C.K.; Niederwerder, M.C.; Muckey, M.B.; Stark, C.R.; Tokach, M.D.; DeRouchey, J.M.; Goodband, R.D.; et al. Evaluation of the effects of flushing feed manufacturing equipment with chemically treated rice hulls on porcine epidemic diarrhea virus cross-contamination during feed manufacturing. *J. Anim. Sci.* **2018**, *96*, 4149–4158. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
100. Gebhardt, J.T.; Woodworth, J.C.; Jones, C.K.; Tokach, M.D.; Gauger, P.C.; Main, R.G.; Zhang, J.; Chen, Q.; DeRouchey, J.M.; Goodband, R.D.; et al. Determining the impact of

- commercial feed additives as potential porcine epidemic diarrhea virus mitigation strategies as determined by polymerase chain reaction analysis and bioassay. Transl. Anim. Sci.* **2019**, *3*, 93–102. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
101. Dee, S.; Neill, C.; Clement, T.; Christopher-Hennings, J.; Nelson, E. An evaluation of a liquid antimicrobial (Sal CURB<sup>®</sup>) for reducing the risk of porcine epidemic diarrhea virus infection of naïve pigs during consumption of contaminated feed. *BMC Vet. Res.* **2014**, *10*, 220. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]
102. Lerner, A.B.; Cochrane, R.A.; Gebhardt, J.T.; Dritz, S.S.; Jones, C.K.; DeRouchey, J.M.; Tokach, M.D.; Goodband, R.D.; Bai, J.; Porter, E.; et al. Effects of medium chain fatty acids as a mitigation or prevention strategy against porcine epidemic diarrhea virus in swine feed. *J. Anim. Sci.* **2020**, *98*. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
103. Gebhardt, J.T.; Thomson, K.A.; Woodworth, J.C.; Dritz, S.S.; Tokach, M.D.; DeRouchey, J.M.; Goodband, R.D.; Jones, C.K.; Cochrane, R.A.; Niederwerder, M.C.; et al. Effect of dietary medium-chain fatty acids on nursery pig growth performance, fecal microbial composition, and mitigation properties against porcine epidemic diarrhea virus following storage. *J. Anim. Sci.* **2020**, *98*. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
104. Cottingim, K.M.; Verma, H.; Urriola, P.E.; Sampedro, F.; Shurson, G.C.; Goyal, S.M. Feed additives decrease survival of delta coronavirus in nursery pig diets. *Porc. Health Manag.* **2017**, *3*, 5. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)][[Green Version](#)]