



LUCAS DANIEL LOPES SANTOS

**ALIMENTO SECO EXTRUSADO PARA CÃES COM
ZEÓLITA E *YUCCA SCHIDIGERA*: PARÂMETROS
FISIOLÓGICOS E INTESTINAIS**

**LAVRAS - MG
2023**

LUCAS DANIEL LOPES SANTOS

**ALIMENTO SECO EXTRUSADO PARA CÃES COM ZEÓLITA E *YUCCA*
SCHIDIGERA: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E INTESTINAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de não ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador
Profa. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Santos, Lucas Daniel Lopes.

Alimento seco extrusado para cães com zeólita e *Yucca
schidigera* : parâmetros fisiológicos e intestinais / Lucas Daniel
Lopes Santos. - 2023.

123 p.

Orientador(a): Antônio Gilberto Bertechini.

Coorientador(a): Flávia Maria de Oliveira Borges Saad,
Vanessa Avelar Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Saúde intestinal de cães. 2. Degradação proteica no intestino
de cães. 3. Influência de aditivos de na saúde intestinal de cães. I.
Bertechini, Antônio Gilberto. II. Saad, Flávia Maria de Oliveira

Fonte: Universidade Federal de Lavras

LUCAS DANIEL LOPES SANTOS

ALIMENTO SECO EXTRUSADO PARA CÃES COM ZEÓLITA E *YUCCA SCHIDIGERA*: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E INTESTINAIS

**EXTRUSED DRY DOG FOOD WITH ZEOLITE AND *YUCCA SCHIDIGERA*:
PHYSIOLOGICAL AND INTESTINAL PARAMETERS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de não ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 16 de dezembro de 2022
Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Profa. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad
Dr. Carlos Magno da Rocha Junior

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

**LAVRAS - MG
2023**

*A minha vó, uma mulher que nasceu pobre,
trabalhou a vida inteira como lavadeira e hoje
tem quatro filhos formados na UFMG e um
neto com título de Mestre.
A todo meu povo, que foi escravizado,
inviabilizado, humilhado e torturado. Nós
podemos e conseguimos tudo.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Um dia sonhei,
Nesse sonho estava sentado em uma montanha
De lá de cima consegui ver
Todo o meu passado,
Presente e futuro.

No passado observei,
Todas a decisões tomadas,
Alegrias, tristezas,
Todos os choros,
Dúvidas e certezas.

No presente pude ver,
A beleza da intensidade,
O poder das escolhas,
E o medo,
Medo do fruto das decisões.

No futuro,
Observei apenas incertezas,
Lembro-me de ter pensado no sonho,
Como poderei seguir,
Se só me restam caminhos incertos?

Foi quando percebi,
Que as certezas não existem,
A única forma de seguir,
É saber lidar com o incerto,
E buscar ser feliz nas incertezas.

Lucas Daniel Lopes Santos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*“And can't nobody knock it if they tried
This is hustle personified
Look how we've been fighting to stay alive
So when we win, we will have pride
Do you know how much we have cried?
How hard we had to fight?”
(Beyoncé Knowles e Darius Dixson)*

RESUMO

Alimentos para cães com a inclusão de proteínas de baixa digestibilidade geram maior substrato fermentativo proteico no intestino grosso dos cães. Fato, que acarreta uma maior degradação proteica, gerando resíduos como, AGCR, amônia, fenóis e indóis. Tais compostos estão relacionados ao aumento de pH intestinal, a maior presença de bactérias patogênicas e causam aumento do odor nas fezes de cães. Desta forma, objetivou-se avaliar a ação sinérgica zeólita, *Yucca schidigera* (YSE), β -glucanos e butirato de cálcio sobre os produtos da fermentação encontrados nas fezes de cães, bem como a redução do odor das fezes através da realização de um painel sensorial de odores. Cinco tratamentos foram utilizados no experimento, controle, sem nenhum aditivo (T0); T0 + 0,75% de zeólita clinoptilolita (ZC) (T1); T0 + 0,75% ZC + 0,1% de YSE (T2); T0 + 0,75% de ZC + 0,1 YSE + 0,03% de β -Glucanos (T3); e T0 + 0,75% de ZC + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio (BC) (T4). Não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$) entre os tratamentos para as características de aceitabilidade do alimento, digestibilidade da MS, PB, EE, MM, e no escore fecal dos cães. Foi detectado efeitos significativos ($p < 0,05$) na redução do pH fecal, cujo T4 e o T1 apresentaram maior redução do pH em relação ao controle. Maior concentração de acetato fecal também foi observada para o T4 em comparação ao T0, T2 e T3 ($p < 0,05$), contudo o T4 não diferiu estatisticamente do T1. Com relação a presença nas fezes de propionato e AGCC totais, observou-se uma tendência ($p < 0,10$), na qual o T4 apresentou maiores concentrações de propionato e AGCC, quando comparadas ao T0, contudo os valores foram similares ao T1. Não foi observado diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os valores encontrados para AGCR, fenol, 4-MethylPheno, 4-Ethylphenol, indol. Com relação a concentração de amônia fecal também se observou uma tendência ($p < 0,10$), na qual o T4 apresentou maiores concentrações em relação ao T2, contudo nenhum tratamento foi diferente do controle. Ademais, foi constatado que as fezes do tratamento T1 e T2 apresentavam um odor menos fétido quando comparados ao T0. E, o T4 foi considerado mais fétido em relação ao T2. Conclui-se que a inclusão de zeólita e YSE, apresentam efeitos benéficos na redução do odor das fezes de cães e por este motivo estes ingredientes devem ser inclusos em dietas com proteína de baixa digestibilidade. Para as características estudadas os β -Glucanos, não ofereceram nenhum benefício. Não é justificada de BC em dietas para cães, considerando que este aditivo aumentou o odor das fezes destes e somente a inclusão de zeólita causam efeitos similares com relação a produção de AGCC.

Palavras-Chave: Degradação proteica. Amônia. Odor. Fenol. Indol.

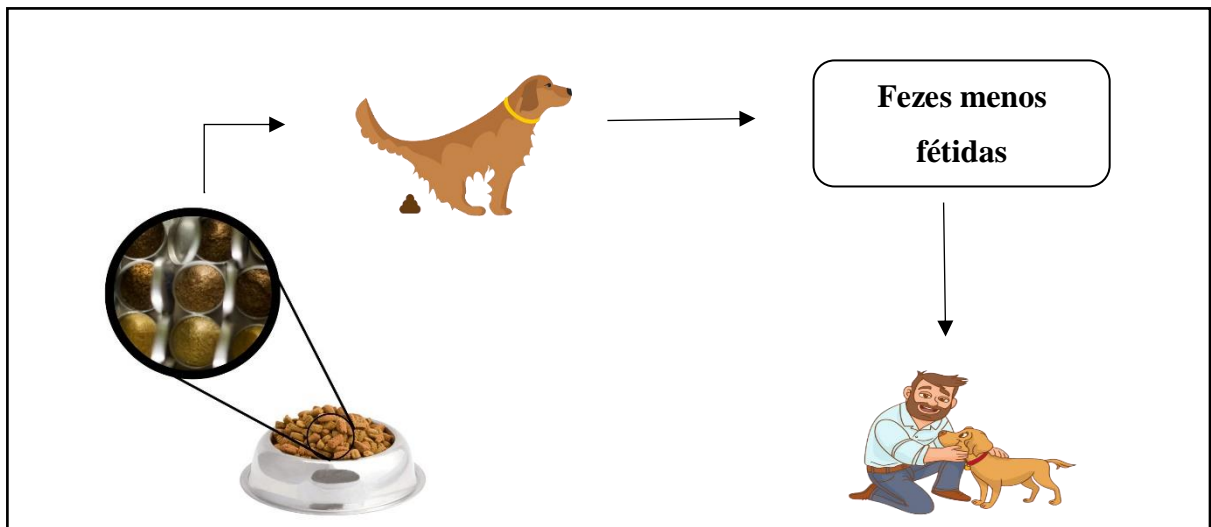
ABSTRACT

Dog foods with the inclusion of low digestibility proteins generate protein fermentative substrates in the large intestine of dogs. Protein degradation generates residues such as BCFA, ammonia, phenols, and indoles. These compounds increase intestinal pH, are correlated with the presence of pathogenic bacteria, and cause increased odor in dog feces. Thus, the objective of this study is to evaluate the synergistic action of zeolite, *Yucca schidigera* (YSE), β -glucans and calcium butyrate on the fermentation products found in dog feces, as well as the reduction of feces odor by carrying out a sensory panel of odors. Five treatments were used in the experiment, control, without any additive (T0); T0 + 0.75% clinoptilolite zeolite (CZ) (T1); T0 + 0.75% CZ + 0.1% YSE (T2); T0 + 0.75% CZ + 0.1 YSE + 0.03% β -Glucans (T3); and T0 + 0.75% CZ + 0.1% YSE + 0.03% β -Glucans + 0.5% calcium butyrate (BC) (T4). No statistical differences ($p>0.05$) were observed between treatments for food acceptability, digestibility of DM, CP, CF and Ash, and fecal score of dogs. Significant effects ($p<0.05$) were detected in the reduction of fecal pH, whose T4 and T1 showed a greater pH reduction in relation to the control. Higher concentration of fecal acetate was also observed for T4 compared to T0, T2 and T3 ($p<0.05$), however T4 did not differ statistically from T1. The presence of total propionate and SCFA in feces showed a trend ($p<0.10$), in which T4 showed higher concentrations when compared to T0, although statistically similar to T1. No significant differences ($P>0.05$) were observed between the values found for BCFA, phenol, 4-MethylPheno, 4-Ethylphenol, indole. Fecal ammonia also showed a trend ($p<0.10$), T4 had higher concentrations compared to T2, however no treatment was different from the control. It was found that the stools from treatment T1 and T2 had a less foul odor when compared to T0. T4 was considered more fetid compared to T2. It is concluded that the inclusion of zeolite and YSE, have beneficial effects in reducing the odor of dog feces and for this reason these ingredients should be included in diets with low digestibility protein. For the traits studied, β -Glucans did not offer any benefit. There is no justification for BC in dog diets, considering that this additive increased the odor of dog faeces and only the inclusion of zeolite causes similar effects about SCFA production.

Keywords: Protein Degradation. Ammonia. Odor. Phenol. Indole.

RESUMO INTERPRETATIVO

Os produtos da fermentação intestinal de proteínas estão relacionados ao aumento do odor das fezes de cães e gatos. O odor das fezes é uma característica importante para os proprietários, uma vez que os animais de companhia estão adentrando as residências. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo utilizar aditivos nos alimentos de cães para avaliar as concentrações de fecais de compostos fermentados no intestino grosso dos cães. Além disso, também foi avaliado o odor das fezes dos animais através da técnica de painel de odores. Os aditivos testados foram a zeólita clinoptilolita (ZC), o extrato *Yucca schidigera* (YSE), beta-glucanos provenientes de algas e butirato de cálcio (BC). Através do painel de odores, percebeu-se que a inclusão de ZC e YSE nas dietas de cães, reduziram o odor fecal. Ademais, a inclusão de ZC aumentou o nível de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), composto relacionados a uma melhor saúde intestinal. Não houve nenhum efeito a partir da inclusão beta-glucanos. O BC apresentou efeitos similares a ZC com relação concentração fecal de AGCC, mas apresentou pior odor fecal. Conclui-se que, para as características estudadas, não há necessidade da inclusão de beta-glucanos e o BC em dietas caninas.



Fluxograma demonstrando que quando o animal se alimenta de Zeólita Clinoptilolita e *Yucca Schidigera* ocorre redução do odor das fezes do animal.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de garantia das dietas experimentais.	94
Tabela 2 - Protocolo Experimental	95
Tabela 3- Aceitabilidade ao alimento teste pelos cães, mediante ao oferecimento diário de 120 kcal x PC 0,75.....	100
Tabela 4 - Valores médios obtidos para os Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (CDAMS), Matéria Mineral (CDAMM), Extrato Etéreo (CDAEE) e Proteína Bruta (CDAPB) da alimento teste.....	101
Tabela 5 - Escore fecal de cães.....	103
Tabela 6 - Quantificação fecal de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) e pH em cães.	105
Tabela 7 - Quantificação fecal de amônia, fenóis e indol em cães.....	108

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	13
1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEORICO.....	14
2.1.1 FERMENTAÇÃO NO INTESTINO GROSSO	15
2.1.1.1 FIBRAS.....	15
2.1.1.2 ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA	16
2.1.1.3 ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA RAMIFICADA, FENOL E INDOL	20
2.2 DIETAS E SAÚDE INTESTINAL.....	24
2.2.1 ADITIVOS E COADJUVANTES NA NUTRIÇÃO PET.....	24
2.2.2 ZEÓLITAS	26
2.2.2.1 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE	29
2.2.2.2 ESCORE FECAL.....	31
2.2.2.3 PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO INTESTINAL.....	32
2.2.2.3.1 ABSORÇÃO DE AMÔNIA	34
2.2.3 YUCCA SCHIDIGERA (YSE).....	35
2.2.3.1 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE	36
2.2.3.2 ESCORE FECAL.....	39
2.2.3.3 PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO	40
2.2.3.3.1 ABSORÇÃO DE AMÔNIA	41
2.2.3.3.2 YSE E O METABOLISMO DO NITROGÊNIO	43
2.2.4 B-GLUCANOS.....	45
2.2.4.1 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE	46
2.2.4.2 ESCORE FECAL.....	48
2.2.4.3 PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO	49
2.2.4.4 EFEITO IMUNOMODULADOR DOS B-GLUCANOS	52
2.2.5 BUTIRATO DE CÁLCIO (BC).....	53
2.2.5.1 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE	55
2.2.5.2 ESCORE FECAL.....	57
2.2.5.3 PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO	58
2.2.5.3.1 REDUÇÃO DA AMÔNIA	61
REFERÊNCIAS.....	64

SEGUNDA PARTE – ARTIGO	89
ARTIGO – ZEÓLITA, <i>YUCCA SCHIDIGERA</i>, B-GLUCANOS DE ALGAS E BUTIRATO DE CÁLCIO EM ALIMENTOS PARA CÃES.....	89
INTRODUÇÃO.....	92
MATERIAL E MÉTODOS	93
ANIMAIS E DIETAS.....	93
DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E COLETA DE AMOSTRAS	95
PAINEL DE ODORES	95
SCORE FECAL, DIGESTIBILIDADE APARENTE E PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO.....	96
PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS E ANÁLISE QUÍMICA.....	97
ANÁLISES ESTATÍSTICAS	98
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
ACEITABILIDADE DO ALIMENTO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES	99
SCORE FECAL.....	103
ÁCIDOS GRAXOS CADEIA CURTA.....	104
PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO INTESTINAL DE PROTEÍNAS E PAINEL DE ODORES	108
REFERÊNCIAS.....	114
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PAINEL DE ODORES	123

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Os produtos da fermentação proteica são caracterizados como ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), a amônia, fenóis, indóis, dióxido de carbono, metano, aminas biogênicas, (FLICKINGER et al., 2003; KUZMUK et al., 2005). A presença excessiva destes compostos no intestino está associada a efeitos deletérios para os indivíduos. Por exemplo, eles são associados ao aumento de odor das fezes de cães e gatos (ÖZOGUL.; HAMED; GOKDOGAN, 2015). Além disso, encontram-se trabalhos que associam estes compostos a presença de organismo patogênicos no intestino grosso, como bactérias do gênero *Clostridium* (SMITH et al., 1997; KROUPINA; BÉMEUR; ROSE, 2022) *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Salmonella paratyphi* (ÖZOGUL.; HAMED; GOKDOGAN, 2015).

Um dos recursos das indústrias do segmento *Pet Food* que pode minimizar os efeitos negativos do excesso da fermentação proteica no IG é utilizar aditivos que auxiliem na melhora da qualidade e funcionalidade do alimento. As zeólitas, por exemplo, são ingredientes que auxiliam na diminuição do odor fecal em cães e gatos (MAIA et al., 2010; ROQUE et al., 2011), principalmente por possuir grande afinidade de ligação com moléculas de amônia (AIYUK et al. 2004; ENGLERT; RUBIO 2005; NAHLI et al., 2017), e por aminas biogênicas como a cadaverina (ÖZOGUL.; HAMED; GOKDOGAN, 2015). Outrossim, as zeólitas têm a capacidade de melhorar o ambiente intestinal de cães, aumentando a abundância relativa de *Lactobacillus ssp.* bem como *Bifidobacterium ssp.*, em detrimento a diminuição de *Escherichia coli* (SABBIONI et al., 2016).

Outro aditivo utilizado para reduzir o odor das fezes de cães e gatos é a *Yucca schidigera* (YSE) (DOS REIS et al., 2016), uma planta da família *Agavaceae*, encontrada na região desértica do sudoeste dos Estados Unidos da América e México (LI et al., 2021). Assim como as zeólitas descritas anteriormente a YSE também apresenta afinidade por moléculas de amônia, entretanto, este processo ainda não foi bem elucidado. As principais teorias envolvem a capacidade de inibir a urease (ASPLUND; GOODALL, 1991; PRESTON et al., 1987; ELLENBERGER et al 1985), se ligar e carrear a amônia (LOWE et al., 1997; HEADON; DAWSON, 1990) e modificar a microbiota colônia (LOWE et al., 1997; BINGHAM et al., 1975, BINGHAM; HARRIES; LAGA 1978). Outro fator que pode estar envolvido na redução do odor fecal e redução das concentrações cadaverina (PINNA et al., 2017).

Ainda neste contexto, os β -glucanos auxiliam positivamente diversos processos da fisiologia e metabolismo do animal. Os β -glucanos encontrados nos cereais podem atuar de forma probiótica no IG, diminuindo o pH e potencializando a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), (JAYACHANDRAN et al., 2021). Os β -glucanos de fungos, leveduras e algas, geralmente são mais associados a ativação do sistema imune, modulando, por exemplo, a produção de citocinas (CHAN; CHAN; SZE, 2009).

O ácido butírico é um dos AGCC produzidos pela fermentação de produtos de origem vegetal. Quando este está associado a um sal, é denominado de butirato, desta forma, o butirato de cálcio é utilizado na produção animal com a finalidade de substituir o uso de antibióticos. Assim, o butirato atua reduzindo o pH intestinal, promovendo efeito trófico para o epitélio intestinal (OCEJO et al., 2017; EL-WAHAB et al., 2019), além de promover um ambiente que proporcione a maior proliferação de microrganismos benéficos à saúde do animal (GÜMÜŞ et al., 2020) reduzindo organismo patogênicos como *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* (HAJATI; REZAEI, 2010). A mudança no microbioma intestinal faz com o butirato possa ser utilizado também como aditivo que contém a função de redução do odor fecal (WANG et al., 2016; LIU et al., 2022). Apesar de ser um aditivo comumente utilizado para animais de produção, sabe-se pouco dos efeitos e forma de atuação do butirato de cálcio em nos animais de companhia.

Apesar de alguns ingredientes descritos terem seu uso consolidado na indústria de alimentos para cães e gatos, é necessário conhecer a ação destes quanto a produção de ácidos graxos voláteis e nos produtos da fermentação de proteína no IG de cães. Por isso, objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos sinérgicos da adição de zeólita clinoptilolita (ZC), *Yucca schidigera* (YSE), β -glucanos e butirato de cálcio (BC) sobre a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), amônia, fenóis e indóis.

2 REFERENCIAL TEORICO

Definir o conceito de saúde intestinal é extremamente difícil e complexo pois envolve, no mínimo, três temas diferentes, sendo estes a mucosa intestinal, dieta consumida e o microbioma intestinal (CONWAY, 1994).

2.1.1 Fermentação no intestino grosso

No IG, a velocidade de trânsito do alimento é menor, fato que contribui para o desenvolvimento e crescimento de bactérias. A população bacteriana presente neste compartimento atua sobre os amidos resistentes, alguns oligossacarídeos, polissacarídeos não amiláceos (PNA) e proteínas endógenas, que não foram degradadas ou absorvidas no intestino delgado, gerando diferentes compostos.

2.1.1.1 Fibras

Carboidratos dietéticos correspondem de 50 a 80% da matéria seca (MS) (VAN SOEST, 1994) dos vegetais, dentre eles, encontram-se açúcares de baixo e alto peso molecular, amidos e os PNA ou fibra dietética. Os açúcares de baixo peso molecular, como glicose, frutose e galactose, são moléculas com alta solubilidade em água, logo, absorvíveis. Sua absorção ocorre diretamente no TGI, sem precisar de ação enzimática para que sejam absorvidos. O amido é um polissacarídeo, possui alto peso molecular e sofre hidrólise pelas enzimas digestíveis no TGI, logo, são reduzidos a monossacarídeos e absorvidos. Em contrapartida, os amidos resistentes, alguns oligossacarídeos e os PNA são considerados indigestíveis, pois não sofrem hidrólise através da ação enzimática, conseqüentemente não são absorvidos no intestino (NRC, 2006) e podem ou não serem fermentáveis (CASE et al., 2010).

As fibras possuem propriedades diferentes de acordo com sua origem, solubilidade, modificações da sua estrutura no TGI (MONRO, 2000), processamento do alimento e suas características físico-químicas (FORTES, 2005). Em relação à solubilidade, a fibra pode ser classificada em solúvel (PNA solúveis) ou insolúvel (PNA insolúveis) em água. Os PNA insolúveis são pouco viscosos e geralmente possuem baixa capacidade fermentativa, desta forma, aumentam o peristaltismo da mucosa intestinal (NRC, 2006), retém a água e elevam o volume e o peso das fezes. Case et al. (2010), relatam que compostos como a celulose, de elevada proporção de fibra insolúvel e pouco fermentável, ocasionam danos a parede intestinal, reduzindo a altura das vilosidades, fato que pode diminuir a absorção de nutrientes e gerar inflamação nas vilosidades do colón.

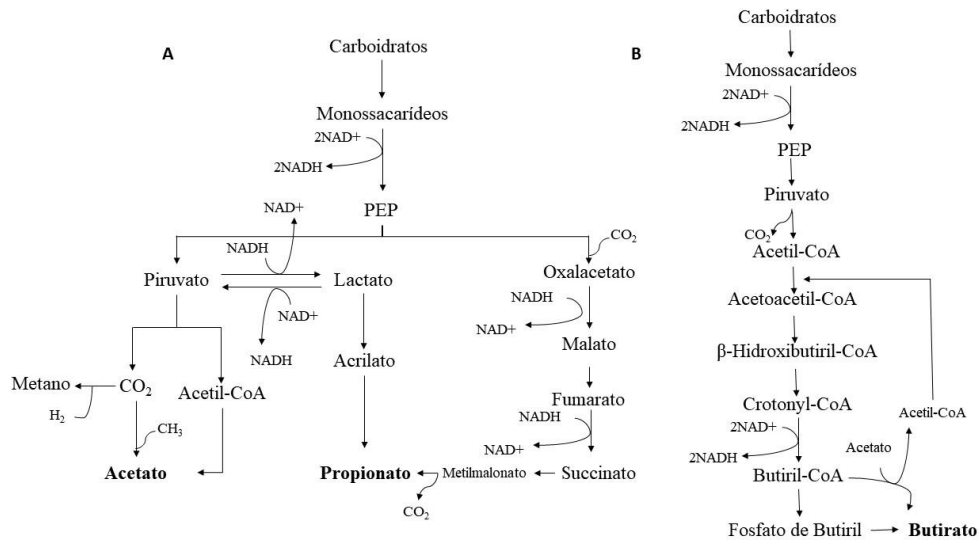
Os PNA solúveis podem ser formados por pectinas, inulina, gomas, alginatos, carragenas, β -glucanos e geralmente são fermentáveis no colón, com alto grau de viscosidade e geletificantes. A fermentação destes compostos no IG produz ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (SUNVOLD et al., 1995), o que influencia no volume e no tempo de passagem da

digesta pelo trato-gastrointestinal (TGI) (FAHEY JR et al., 1990), na consistência das fezes (COLE et al., 1999) e no esvaziamento gástrico (RUSSELL; BASS, 1985). Classificam-se as fibras em baixa, média ou moderada e alta fermentabilidade (CASE et al., 2010). Assim, o grau de fermentação correlaciona positivamente com a velocidade e atividade bacteriana de degradação. Portanto, quanto maior a velocidade da ação bacteriana sobre a fibra (velocidade de fermentação), maior será a produção correspondente de acetato, propionato e butirato (AGCC) e de gases como o CO₂, H₂ e o CH₄.

2.1.1.2 Ácidos Graxos de Cadeia Curta

Os AGCC são descritos como ácidos orgânicos que apresentam de 1 a 5 carbonos, sendo assim, compostos pelo formato (C1), acetato (C2), propionato (C3), butirato (C4) e valerato (C5) (GUILLOTEAU et al., 2010). Contudo, os ácidos graxos que possuem maior ênfase como compostos da fermentação intestinal são o acetato, o propionato e o butirato. Determinados microrganismos são responsáveis pela produção dos AGCC, como por exemplo, *Bacteroides*, *Peptostreptococcus productus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Selenomonas*, *Succinivibrio*, *Succinomonas* produzem acetato e propionato; *Butyrivibrio*, *Eubacterium* e *Fusobacterium* produzem acetato e butirato (MILLER; WOLIN, 1979). Corroborando com os autores anteriores, den Besten et al. (2013), relatam que o filo Bacteroidetes são os maiores produtores de acetato e propionato e o filo Firmicutes tem o butirato como principal composto produzido. Um possível caminho para a produção dos AGCC é através da oxidação do piruvato. De acordo com Miller e Wolin (1979), a carboxilação do piruvato a fosfoenolpiruvato gera o oxalacetato que pode ser reduzido a succinato, que por sua vez é agente formador do propionato. O piruvato também pode originar a Acetil Coenzima A que pode ser convertida a acetato e propionato (Fig.4) (DEN BESTEN et al., 2013).

Figura 1 - Visão geral esquemática dos mecanismos propostos para a produção dos AGCC pelas bactérias (A: Acetato e propionato; B: Butirato)



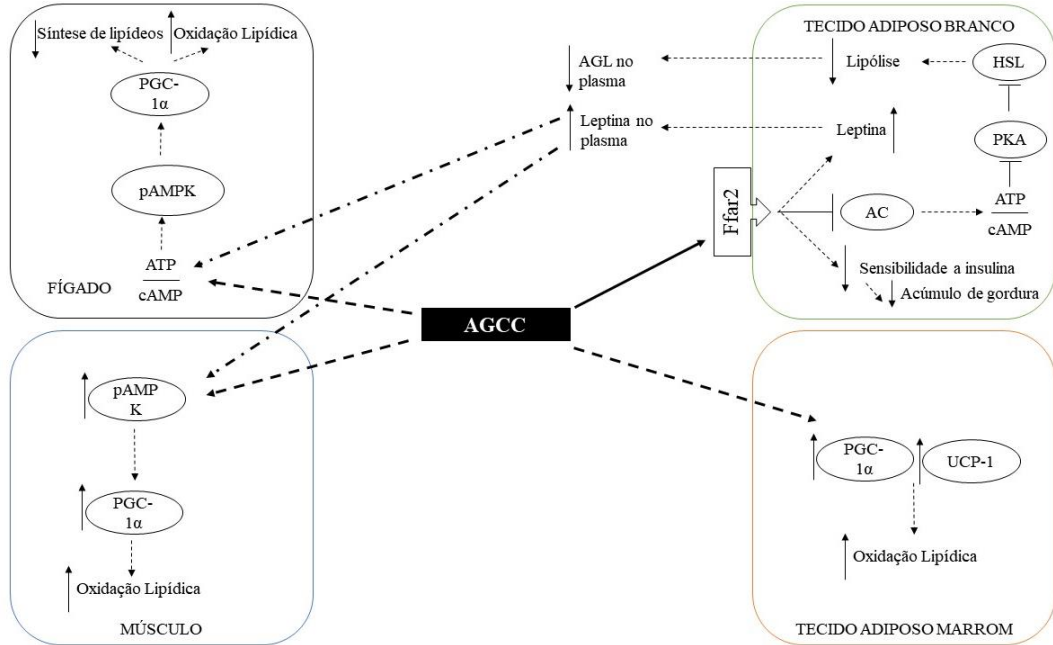
Fonte: modificado de DEN BESTEN et al., 2013.

Os AGCC desempenham uma série de benefícios à saúde intestinal do indivíduo. Está discriminado na literatura que uma dieta probiótica (com maior adição de fibras fermentáveis), aumenta a produção de AGCC, que por sua vez diminui o pH do colón, fato que favorece a proliferação de bactérias eubióticas, como *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* em detrimento de bactérias patogênicas como é o caso *Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*. (CUMMINGS et al, 2004; MYINT et al, 2017; SUCHODOLSK et al, 2012; ALSHAWAQFEH et al, 2017; PALMQVIST et al, 2022). Pesquisadores relatam que a diminuição do pH no intestino apresenta dois efeitos principais, sendo o primeiro a mudança na composição da microbiota intestinal e o segundo evitar o crescimento excessivo de bactérias patogênicas sensíveis ao pH, como Enterobacteriaceae e Clostridia (PROHÁSZKA et al, 1990; CHERRINGTON et al 1991; DUNCAN et al 2009; DEN BESTEN et al., 2013).

Além da função de redução do pH intestinal, os AGCC também têm a capacidade de se acoplar a receptores associados a proteína G (PSICHAS et al., 2015). Os receptores *free fatty acid receptor* (Ffar) 3 e 2 apresentam efeitos interessantes no metabolismo de lipídeos e da glicose (Fig. 2 e 3 respectivamente) (DEN BESTEN et al., 2013), bem como apresentam efeitos na função imune (PSICHAS et al., 2014). A literatura sugere que os receptores Ffar2 e Ffar3 sensibilizam a expressão dos hormônios anoréxicos *glucagon-like peptide 1* (GLP-1) e peptídeo YY (PYY) (CANI; DEWEVER; DELZENNE, 2004; DELMÉE et al., 2006; REIMER et al., 2012; BYRNE et al., 2015). Tanto o GLP-1 e o PYY são excretados no íleo e no colón quando

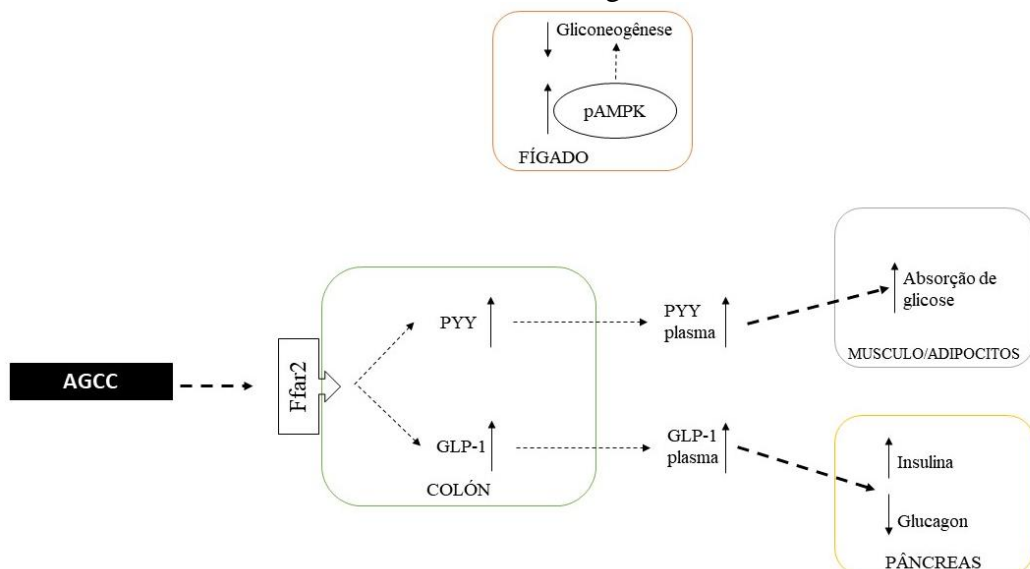
o animal está em estado alimentado, indicando que os AGCC apresentam efeito na diminuição de consumo.

Figura 2 - Visão geral esquemática dos mecanismos propostos pelos quais os AGCCs aumentam a oxidação de ácidos graxos no fígado, músculo e tecido adiposo marrom.



Fonte: modificado de DEN BESTEN et al., 2013

Figura 3 - Visão geral esquemática dos mecanismos propostos pelos quais os AGCCs afetam o metabolismo da glicose.



Fonte: modificado de DEN BESTEN et al., 2013

Dos três compostos mencionados anteriormente o acetato é o mais produzido pela fermentação bacteriana (TOPPING; CLIFTON, 2001). Encontra-se tanto no colón quanto nas fezes, a relação em proporção molar de 60:20:20 de acetato, propionato e butirato, respectivamente (CUMMINGS et al. 1987; HIJOVA; CHMELAROVA, 2007; DEN BESTEN et al., 2013). A maior parte dos AGCC produzidos são utilizados como fonte de energia para os colonócitos, contudo as células do colón têm uma preferência pelo butirato (ROEDIGE, 1982). O acetato formado pela fermentação intestinal é transportado para o sangue e se junta ao acetato presente nos órgãos e tecidos. No fígado o acetato serve como precursor do colesterol, de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL), glutamina e glutamato (DEN BESTEN et al., 2013). Embora 70% do acetato seja utilizado no fígado, outros órgãos como coração, rins, tecido adiposo e músculos são capazes de metabolizar o acetato (KNOWLES et al., 1974).

Além das funções descritas anteriormente, recentemente descobriu-se que o acetato atua no centro hipotalâmico. Frost et al. (2014). Infundiram de forma intravenosa (iv) e de forma colônica soluções de ^{11}C -acetato em camundongos. Estes autores observaram que o fígado e o coração obtiveram a maior captação inicial de acetato, mas 3% do acetato foi absorvido pelo cérebro após a iv tanto em camundongos alimentados quanto em jejum. Quanto à infusão colônica os autores observaram que o processo ocorreu mais vagorosamente, contudo em aproximadamente 20 minutos o nível de acetato no cérebro ficou equivalente a iv. Desta forma, constatou-se que o acetato tem uma função expressiva no cérebro.

Os autores supracitados continuaram a experimentação e administraram de forma intracerebro-ventricular (icv) a quantidade de 2,5 μmol de acetato de sódio no terceiro ventrículo de ratos Wistar machos. Os autores relatam que o acetato de sódio desestimulou o consumo de alimentos em 1 a 2 horas após a administração. Ademais, Frost et al. (2014), injetaram de forma intraperitoneal 500 mg/kg de acetato em camundongos C57BL/6. Os resultados deste segundo ensaio demonstraram associação do acetato a uma redução significativa na ingestão de alimentos em 1 e 2 h após a injeção.

Através da circulação portal o propionato chega ao fígado onde é utilizado com substrato da gliconeogênese (BLOEMEN et al., 2010; DEN BESTEN et al., 2013; BYRNE et al., 2015). Quando produzido em maiores concentrações, o propionato auxilia na redução da conversão do acetato em AGCL e colesterol no fígado (BYRNE et al., 2015; SURAMPUDI et al., 2016). Tais efeitos podem acarretar na diminuição dos níveis de lipídeos nas células dos hepatócitos e na composição de triglicérides e colesterol presente no fígado. Além disso, o propionato também auxilia na redução do consumo por meio do estímulo a secreção dos

hormônios GLP-1 e PYY excretados pelas células L (BYRNE et al., 2015). Vale mencionar que em um experimento, Psichas et al (2014), estudaram o efeito do propionato *in vitro* e *in vivo* em roedores. Os autores constataram que ocorreu efeito similar da produção dos hormônios GLP-1 e PYY quando tralharam com cultura de células do colón de camundongos e com a infusão intra-colonica de 180 mmol de propionato tanto em ratos como em camundongos. O butirato, como dito anteriormente, é principalmente usado como fonte de enérgica para as células do colón. Contudo, assim como o propionato, este AGCC é captado pelo fígado e oxidado pelos hepatócitos a fim de reduzir a sua concentração na corrente sanguínea (BLOEMEN et al., 2010; DEN BESTEN et al., 2013).

2.1.1.3 Ácidos Graxos de Cadeia Ramificada, Fenol e Indol

O processo de digestão de proteínas tem início no estômago, onde as proteínas são desnaturadas através da ação do ácido clorídrico. Desta forma, as enzimas pancreáticas conseguem quebrar as proteínas a aminoácidos livre sejam di ou tri-peptídeos. Parte da proteína é absorvida no intestino delgado na forma de aminoácidos. Os peptídeos absorvidos dão origem a catabólicos nitrogenados tóxicos ao organismo. Um exemplo de componente toxico é a ureia, e nos mamíferos, este composto é excretado pela urina. A absorção no duodeno é extremamente eficiente contudo, quantidades de compostos nitrogenados de origem dietética e endógena conseguem chegar ao IG. Catabólicos como os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), a amônia, fenóis, indóis, dióxido de carbono, metano, aminas biogênicas, como a cadaverina, histamina, putrescina e feniletilamina (FLICKINGER et al., 2003; KUZMUK et al., 2005), são gerados a partir da fermentação bacteriana de proteínas, e por sua vez aumentam o odor nas fezes de cães e gatos, podendo ser tóxicos em elevadas concentrações.

Os AGCR são gerados a partir da fermentação dos aminoácidos de cadeia ramificada como a valina, leucina e isoleucina (HANG et al., 2013; TJELLSTROM et al., 2005; MACFARLANE et al., 1992). Os produtos da fermentação desses aminoácidos são respectivamente isobutirato, isovalerato e 2-metilbutirato (MACFARLANE et al., 1992, HESPELL; SMITH, 1983). Andreesen, Bahl e Gottschalk (1989), relatam que as bactérias do gênero *Clostridium* fermentam os aminoácidos de cadeia ramificada por meio da reação de Stickland. Sendo assim, estes aminoácidos servem como doadores de elétrons, possibilitando a formação do AGCR, que possuem um átomo de carbono a menos que o aminoácido original

(ELSDEN; HILTON; WALLER, 1976; ELSDEN; HILTON, 1978; ANDREESEN; BAHL; GOTTSCHALK, 1989).

O pH intestinal aumenta com a adição de proteínas na dieta (EPHRAM et al, 2020), assim nestas dietas encontram-se menores níveis de AGCC e maiores níveis de AGCR. Este fato está associado a proteólise e a putrefação produzidas pelos microrganismos intestinais. O aumento do pH intestinal possibilita a proliferação de organismos patogênicos. Hang et al. (2013), alimentaram cães com três diferentes tratamentos, que consistiam em uma dieta com alto teor de carboidratos (HCS), farinha de carne de torresmo com alto teor proteico (HPGM) e uma dieta comercial seca (DC). Os autores perceberam que o pH intestinal foi maior para o tratamento HPGM, isto corrobora com outros estudos que relatam sobre o aumento de *Clostridium perfringens*, quando cães foram alimentados com proteína de frango e de boi (ZENTEK et al., 2004). Também foi constatado por Hang et al. (2013), o aumento de AGCR e a diminuição de acetato, quando os animais foram alimentados com HPMG, esse resultado corrobora com outros autores que constataram a respeito do aumento de *Clostridium perfringens* e diminuição de organismos do gênero *Bifidobacterium* (produtores de AGCC) em cães alimentados com proteína de baixa qualidade (ZENTEK et al., 1995).

Apesar de aumentarem o odor fétido das fezes e o pH intestinal, os AGCR apresentam também alguns efeitos benéficos para os indivíduos. Yan et al. (2017) relatam que AGCR, assim como EPA e DHA, reduzem a ação do gene que codifica a expressão da Interleucina-8 (IL8). Segundo os mesmos autores, a IL8 é uma citocina pró-inflamatória que tem sua expressão aumentada pelas células Caco-2 quando os indivíduos apresentam colite ulcerativa e doença de Crohn. Além disso, os AGCR podem reduzir a incidência de enterocolite necrozante e aumentar a produção intestinal da citocina anti-inflamatória IL10 (RAN-RESSLER et al., 2011).

A ingestão de proteínas e o catabolismo de aminoácidos e outras estruturas que contenham nitrogênio na molécula também são responsáveis pela formação de amônia. As proteínas não absorvidas pelo intestino delgado podem ser metabolizadas a amônia de diversas formas. Kroupina, Bémeur e Rose (2022) relatam que as bactérias podem oxidar, reduzir, hidrolisar, desaminar e fermentar (reação de Stickland) detritos proteicos. Várias espécies de bactérias presentes no gênero *Clostridium* apresentam como produtos da fermentação moléculas de amônia, esse processo ocorre através da desaminação de duas moléculas de aminoácidos, gerando, conseqüentemente, duas moléculas de amônia (SMITH et al., 1997; KROUPINA; BÉMEUR; ROSE, 2022). Smith et al. (1997) sobressaltam que a alta produção

de amônia através da fermentação da arginina, lisina e histidina ocorre, pois, estes aminoácidos apresentam dois ou mais grupamento amina em sua cadeia. Além do catabolismo proteico, pode-se gerar amônia através do catabolismo da ureia por meio de bactérias que produzem a enzima urease (KROUPINA; BÉMEUR; ROSE, 2022). Após ser formada no IG parte dessa amônia é reabsorvida e direcionada ao fígado, e a parte não absorvida irá compor o bolo fecal. Todavia, a presença de amônia em alta concentração no colón intestinal é prejudicial ao hospedeiro, pois pode gerar crescimento neoplásico (MATSUI et al., 1995). Hang et al. (2013), ao alimentar cães com farinha de carne de torresmo com alto teor proteico perceberam um aumento significativo dos níveis de amônia nas fezes.

Andreesen, Bahl e Gottschalk (1989) relatam que algumas espécies de bactérias do gênero *Clostridium* são responsáveis pela formação de fenóis e indóis. Um exemplo é a espécie *C. tetan* que produz estes compostos a partir da fermentação da fenilalanina e triptofano respectivamente. *C. difficile* possui como produto da fermentação da tirosina o 4-metilfenol (p-cresol), e *C. tetanomorphum* produz fenol a partir da fermentação da tirosina. Patel et al. (2019) discrevem que a capacidade de produzir e suportar altas concentrações de p-cresol está relacionada à virulência de *C. difficile*, uma vez que o aumento da concentração deste composto inibe crescimento de outras bactérias. Ephraim et al. (2020) estudaram o efeito de dietas com diferentes níveis de proteína (baixa 18,99%; média 25,35% e alta 45,77%) em cães por 90 dias. Foi constatado o aumento na proporção de sulfato de 4-metoxifenol, sulfato de 4-vinilfenol, 2-(4-hidroxifenil), propionato e sulfato de p-cresol na urina dos cães, que está ligado a doenças e inflamações nos rins, segundo o autor.

O autor supracitado relata altos níveis de indóis tóxicos (sulfato de 5-hidroxiindol e sulfato de 7-hidroxiindol) na urina, quando os cães foram alimentados com a dieta com alto nível proteico. Outrossim, no intestino os níveis de indol e indolin-2-one aumentaram, enquanto o nível de indóis benéficos ao organismo, como índole-3-lactato, indol-3-acetato, indol-3-propionato e 2-oxindol-3-acetato, diminuíram significativamente (EPHRAIM et al., 2020). Rahim et al. (2019), relatam que o triptofano pode ser desaminado produzindo moléculas de indol por *Clostridium* e *Lactobacillus spp.*, as quais produzem índole-3-lactato, indol-3-acetato e 3-metilindol, e por outras bactérias, como *Bacteroides thetaiotamicron*, *Proteus vulgaris* e *Escherichia coli* que possuem a enzima triptofanase.

O receptor de hidrocarboneto aril (AHR) possuem diversas funções no organismo, dentre elas a homeostase intestinal e regulação imunológica (HUBBARD; MURRAY; PERDEW, 2015). Com relação à homeostase intestinal este receptor regula os linfócitos

intraepiteliais e células linfoides inatas (KISS et al., 2011; LI et al., 2011; QIU et al., 2012; HUBBARD; MURRAY; PERDEW, 2015), que são responsáveis por organizar a defesa contra organismos patogênicos no intestino. No que se restringe a imunidade o AHR desempenha funções como a “repressão de genes de resposta de fase aguda, diferenciação de linfócitos Treg e diferenciação de células B” (FUNATAKE et al., 2005; FUNATAKE; MARSHALL; KERKVLIT, 2008; PATEL et al., 2009; BHATTACHARYA et al., 2010; MOHINTA et al., 2015; HUBBARD; MURRAY; PERDEW, 2015). Em um experimento realizado por Jin et al., (2014), os autores estudaram a ação dos metabólitos de triptofano indol, indol-3-acetato (IPA) e triptamina no AHR localizados em células intestinais de CaCo-2 como um modelo para entender suas interações com o tecido colônico. Foi relatado pelos autores que a triptamina e o IPA eram agonistas de AHR e auxiliaram formação de efeitos anti-inflamatórios, enquanto o indol era um antagonista de AHR. Em outro estudo Li et al. (2021), relataram que o IPA pode aumentar as proteínas da junção apertada (claudina-1, ocludina e ZO-1). Além disso, o IPA aumentou a expressão de mucinas (MUC2 e MUC4) e produtos de secreção de células caliciformes (TFF3 e RELM β). O IPA também enfraqueceu a expressão de fatores inflamatórios induzidos por LPS.

Flickinger et al. (2003), perceberam que a adição de 0,9% de oligofrutose (OF) em uma dieta extrusada de cães não causa alterações significativas nas concentrações de AGCR encontradas nas fezes de cães. Contudo, para o butirato, propionato e total AGCC houve diferenças significativas em relação a adição de OF. As concentrações fecais de indol, fenol, p-cresol e 4-etilfenol também não foram afetadas pela suplementação de OF. Os autores pesquisaram outros componentes responsáveis pelo mal odor nas fezes cães e constataram que também não houve diferença com relação aos compostos putrescina, espermidina e concentrações de aminas totais, quando cães foram alimentados com dietas contendo OF. Embora, os autores tenham percebido que a inclusão de OF reduz as concentrações fecais de cadaverina. Em outro ensaio Flickinger et al. (2003), testaram a adição de diferentes níveis de inclusão (1, 2 e 3 g/kg) de frutoligossacarídeos (scFOS) e constatou que não houve diferenças significativas em relação aos AGCR e AGCC, amônia, fenol e indol. O mesmo resultado foi encontrado para Swanson et al. (2002) que suplementaram cães com 1 g/kg FOS, 1 g/kg MOS e 1 g/kg FOS + 1 g/kg MOS.

Pinna et al. (2017), utilizaram cães para testar o efeito de FOS sobre os produtos da fermentação intestinal. Neste ensaio foram utilizados 4 tratamentos distribuídos da seguinte forma: dieta pobre em proteína (LP, proteína bruta (PB) 229 g/kg de matéria seca (MS)), dieta

hiperproteica (HP, PB 304 g/kg MS), dieta 1 + 1,5 g de FOS/kg e dieta 2 + 1,5 g de FOS/kg. Para as dietas que continham o maior nível proteico (HP e HPFos) foram observados maiores níveis de amônia, indicando que a suplementação não foi efetiva na redução das concentrações de amônia nas fezes. Foi constatado também os efeitos das interações entre a quantidade de fibra e FOS para o AGCC propionato e para o AGCR isobutirato, em ambos os casos, a dieta com LPFos apresentou menor concentração dos compostos mencionados anteriormente. Os resultados encontrados demonstram que a adição de FOS e MOS nas dietas de cães não alteram de forma significativa as concentrações de AGCR, amônia, fenóis e indóis presentes nas fezes dos animais.

2.2 Dietas e saúde intestinal

Estudos com diferentes espécies demonstram que a alimentação modifica o microbioma intestinal. Cães são carnívoros preferenciais, contudo o processo simbiótico com humanos impôs a estes animais uma alimentação com altos níveis de carboidratos, sendo que 95% do mercado de alimentos para cães é dominado por dietas secas, e estas precisam de uma grande quantidade de carboidratos para que a extrusão seja bem sucedida (PILLA; SUCHODOLSKI, 2020). Em humanos, o consumo de dietas de origem animal determina uma composição do microbioma, já as dietas de origem vegetal condicionam uma microbioma completamente diferente (DAVID et al., 2014). Contudo, para os cães o reino de origem dos ingredientes é considerando menos decisivo do que a composição geral dos macronutrientes. Estudos comprovam que dietas extrusadas exclusivamente com a mesma quantidade de proteínas, de origem vegetal ou mistas (origem vegetal e animal), não alteram a composição do microbioma de cães (BRESCIANI et al., 2018).

2.2.1 Aditivos e coadjuvantes na nutrição PET

Os seres humanos estão se relacionando com os cães de forma análoga a uma criança, esse processo é denominado antropomorfização. Como consequência a este processo, os animais de companhia são introduzidos de forma ativa nas rotinas dos seus proprietários e, por consequência, questionamentos a respeito da nutrição, saúde e bem-estar dos cães tornam-se cada vez mais importantes (FONSECA; VASCONCELLOS, 2021). Por isso, nas últimas décadas todo parque industrial e tecnológico direcionado para a produção alimentos para cães e gatos passou a investir fortemente em pesquisas e tecnologias alimentares que perpassem a

nutrição básica, buscando por alimentos que impulsionem a saúde, a longevidade e o bem-estar animal.

Desta forma, grande parcela dos alimentos secos encontrados no mercado apresenta uma ou mais alegações funcionais. Para receber esta denominação é necessário que dentre os diversos ingredientes utilizados na formulação do alimento, pelo menos um seja considerado um alimento funcional. O Manual *Pet Food* Brasil, disponibilizado pela Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET, 2019), classifica alimento funcional como aquele alimento, ingrediente ou aditivo, que ao ser ingerido promove funções que vão além da nutrição básica, portanto, apresentem efeitos metabólicos e /ou fisiológicos e/ou benéficos a saúde do indivíduo. Além do dever de serem seguros para o consumo sem supervisão de um profissional responsável.

A Instrução Normativa nº 44 de 15 de Novembro de 2015 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2015) classifica os aditivos nas seguintes categorias: tecnológicos, sensoriais, nutricionais, zootécnicos ou anticoccidianos. Os alimentos funcionais são considerados aditivos zootécnicos, e podem ser subdivididos em três grupos: os digestivos, os probióticos e as substâncias bioativas. Os alimentos funcionais digestivos são os produtos que auxiliam na digestão dos alimentos consumidos. Estes devem ter afinidade e atuar sobre as matérias-primas frequentemente utilizadas na fabricação de produtos para alimentação animal. Considera-se probióticos os microrganismos vivos que têm ação benéfica sob o intestino do indivíduo, devido a sua capacidade de melhorar/equilibrar o ambiente microbiano intestinal. As substâncias bioativas podem ser divididas em nutrientes, e os não nutrientes que apresentação uma função metabólica ou fisiológica específica. Os aditivos são considerados pela IN 44 como:

“substância, microrganismos ou produto formulado, adicionado intencionalmente, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios, atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano;” (BRASIL, 2015).

Os principais aditivos utilizados para a nutrição de cães e gatos são os antioxidantes, antifúngico-conservante, adsorvente de micotoxina, antiumectantes, aromatizantes, corantes, emulsificantes, estabilizantes, palatabilizantes, reguladores de acidez e os umectantes

(ABINPET, 2019). Em contrapartida, existe muitos alimentos com propriedades funcionais, substâncias bioativas e probióticos utilizados na formulação de alimentos para cães e gatos. São exemplos: Ácidos graxos insaturados (ômega 6 e 3), os antioxidantes naturais (carotenóides, vitamina E, vitamina C, etc), fibras dietéticas (fibras solúveis, insolúveis e os prébióticos), os probióticos (leveduras, lactobacillus), coadjuvantes de saúde bucal, aminoácidos com alegação funcional e os adsorventes de odores.

Os adsorventes de odores têm como principal função reduzir o odor por meio da adsorção dos compostos voláteis produzidos principalmente no IG, tais como amônia, aminas, sulfetos, ácidos graxos e ésteres álcoois, aldeídos e cetonas que também estão presentes nas fezes. São exemplos desse grupo a YSE e as zeólitas.

2.2.2 Zeólitas

A origem da palavra zeólita, é grega e significa “pedra que ferve” (“*zeolithos*” na qual “*zeo*” significa ferver e “*lithos*” significa pedra). Esse nome foi escolhido pelo mineralogista Freiherr Axel Fredrick Cronsted no ano de 1756, devido alguns aluminossilicatos borbuharem e saltitarem quando submetidos a altas temperaturas (COOMBS et al., 1997). As zeólitas são encontradas de forma natural, pois se formam onde as rochas ou cinzas de vulcões entram em contato com a água alcalina. Ocorrem também em bacias marítimas nas quais ocorrem o processo de cristalização dos sedimentos durante milhares de anos.

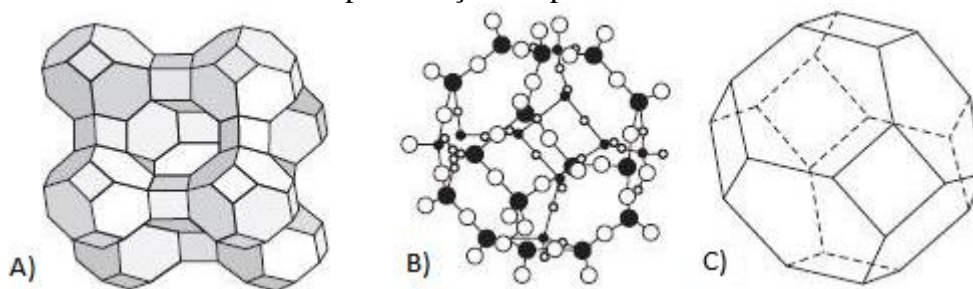
No ano de 1801, o pesquisador Hauy encontrou três tipos de minerais que podem ser caracterizados como zeólitas e estes foram denominados de estilbita, analcima e harmótomo. Autores relatam que a chabazita e leucita foram nomeados ainda antes (COOMBS et al., 1997). Em 1845, o pesquisador Way relatou que alguns tipos específicos de solo tinham a capacidade de capturar a amônia, posteriormente foi constatado por Break que os silicatos hidratados presentes no solo que exerciam essa função. A partir da década de 50 os estudos sobre as zeólitas começaram a ganhar relevância. Em 1862, o pesquisador St. Clair Deville relatou a síntese da primeira zeólita, o aluminossilicato foi denominado de zeólita levinita e foi produzida a partir do aquecimento (170°) da solução de silicato de potássio e alumínio de sódio em tubo de vidro (LUZ, 1994). Gottardi e Galli (1985) descreveram quarenta e seis novas espécies de zeólitas e atualmente, são contabilizados em torno de 80 tipos naturais de zeólitas e pelo menos 150 já foram sintetizadas em laboratório (SCHNEIDER; ZIMMERMANN; GEWEHR, 2017).

A zeólita mais encontrada na natureza é a clinoptilolita e sua fórmula química é descrita como:



Sendo definidas como aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos e alcalinos terrosos que apresentam estruturas cristalinas tridimensionais compostas tetraedros interligados (figura 7) (MING; MUMPTON, 1989). Os tetraedros são formados por quatro moléculas de oxigênio em torno de um cátion, como por exemplo, $[\text{SiO}_4]^{5-}$ e $[\text{AlO}_4]^{5-}$ (COOMBS et al., 1997). A presença dos tetraedros faz com que a molécula tenha grandes espaços internos, uma vez que cada átomo de oxigênio se liga a dois tetraedros próximos, dando origem a uma estrutura microporosa. Luz (1995) relata que a superfície interna da molécula de zeólita é muito maior quando comparada a superfície externa.

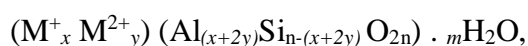
Figura 4 - A) Estrutura das zeólitas; B) Átomos de oxigênio e alumínio; C) Representação simplificada



Fonte: ZeoGroup (2022)

O arranjo estrutural interno das zeólitas possibilita a formação de poros e canais que permitem a transferência de matéria nos espaços intracristalinos. Contudo, o transporte de compostos é limitado pelo diâmetro do poro, que por sua vez, é variável de acordo com o tipo de zeólita. As moléculas que conseguem passar pelos poros são, principalmente, os íons de sódio, cálcio, magnésio e potássio (MING; MUMPTON, 1989), moléculas de água ou outros adsorvatos e sais (LUZ, 1995). A presença dos íons é necessária para equilibrar a molécula pois em estruturas de zeólita, parte do Si quadrivalente é substituído por Al trivalente, dando origem a uma deficiência de carga positiva na estrutura.

A fórmula geral:



foi proposta por Gottard (1978) para caracterizar a estruturas zeólitas. As siglas M^+ e M^{2+} são os cátions monovalentes e divalentes, respectivamente, podendo também ser denominados de cátions trocáveis. Os cátions presentes dentro do segundo conjunto são conhecidos como

cátions estruturais porque eles juntamente com o oxigênio, formam a base da estrutura zeólita. Os cátions trocáveis são fracamente ligados a molécula, por isso, podem ser substituídos por outros presentes no meio. Além de cátions, a conformação estrutural das zeólitas permite a absorção de água e a adsorção de toxinas no TGI.

Muitos minerais podem ser denominados como zeólitas por apresentarem características em comum, sendo necessária a realização de diferentes testes laboratoriais para determinar as características físicas, químicas, estruturas cristalinas e sua morfologia (MUNSO, 1973). As propriedades físico-químicas que diferenciam as espécies de zeólitas são: superfície específica (m^2/g), volume de vazios, índice de refalimento, massa específica (g/cm^3), capacidade de adsorção de gás e capacidade de troca catiônica (CTC).

Segundo LUZ (1995) as zeólitas apresentam alto grau de hidratação; baixa densidade e grande volume de vazios quando desidratada; estabilidade da estrutura cristalina, mesmo ao ser desidratada; CTC canais uniformes nos cristais desidratados; condutividade elétrica; adsorção de gases e vapores e propriedades catalíticas. Desta forma, as zeólitas podem ser utilizadas na cadeia industrial petrolífera, agrícola, armazenamento de calor, controle de poluentes, purificação de águas e mananciais e construção civil (ELLIOT; ZHANG, 2005; NAKHLI et al., 2017).

Além das propriedades de trocas catiônicas, adsorção/dessorção, as zeólitas possuem grande seletividade e capacidade de adsorção pela amônia (NH_4^+). Essa afinidade ocorre devido talimentos eletrostáticas entre NH_4^+ carregados positivamente e sítios carregados negativamente da estrutura das zeólitas (AIYUK et al., 2004; ENGLERT; RUBIO, 2005; NAKHLI et al., 2017). Esse fato torna as zeólitas, uma tecnologia interessante para ser utilizada na agricultura, pois a ligação ente a zeólita e a amônia aumenta a capacidade do solo em reter os nutrientes como fósforo e potássio (NAHLI et al., 2017). Foi constatado que há uma liberação gradual e controlada de fosfato quando ocorre a seguinte combinação: troca iônica da zeólita e solo e dissolução minerais, como a rocha fosfática rica em apatita (LAI; EBERL, 1986; CHESWORTH et al., 1987; NAKHLI et al., 2017). A razão entre Si e Al altera CTC, pois alumínio gera densidade de carga negativa sobre as moléculas de oxigênio, assim são necessárias maiores quantidades de cátions alcalinos ou alcalino-terrosos para manter a neutralidade elétrica (MING; MUMPTON, 1989).

2.2.2.1 Consumo e Digestibilidade

O padrão de consumo alimentar realizado por cães sofre influência de fatores intrínsecos, como anatomia e fisiologia do animal e extrínsecos relacionados ao alimento, como sabor, forma, granulometria, palatabilidade e textura (CASE, et al., 2010). Intrinsecamente, existem duas teorias, com maior aceitabilidade pela comunidade científica, que explicam a regulação do consumo em cães (ZANATTA et al., 2016), a teoria energética e a teoria da distensão gástrica. A primeira demonstra que após os processos de ingestão, digestão e absorção de alimentos, são produzidos sinais quimiostáticos que são enviados ao hipotálamo. Estes sinais podem ser hormônios, que geralmente são transportados via corrente sanguínea e geram uma reação em cascata que desencadeia à saciedade (SAAD; SAAD, 2004). Portanto, ocorre um conjunto de reações neuroendócrinas e bioquímicas, correlacionadas com a quantidade de nutrientes presentes na corrente sanguínea, que agem sobre o hipotálamo, desencadeando à saciedade (hipotálamo ventromedial) ou a fome (hipotálamo lateral) (ZANATTA et al., 2016).

“Os receptores sensoriais das vísceras (ou receptores visceros sensoriais) são formados basicamente por terminações nervosas livres.” (UEMURA, 2015). O autor relata que a principal função dessas terminações nervosas ou receptores fisiológicos, é detectar comportamentos atípicos nas estruturas viscerais causadas por condições físicas, como a distensão gastrintestinal ou cólicas. Desta forma, a teoria física do padrão de consumo leva em consideração a ação dos receptores fisiológicos presentes na mucosa do TGI que estimulam o nervo vago, que por sua vez, chegam ao hipotálamo ventro-medial desencadeando informações de saciedade (FÉLIX; OLIVEIRA; MAIORKA, 2010; ZANATTA et al., 2016).

Maia et al. (2010) avaliaram o consumo voluntário de cães submetidos a dietas com inclusão de zeólita e *YSE* por meio da diferença do total fornecido e das sobras. Não foi constada diferença significativa no consumo dos animais. Santos et al. (2013) também não observaram diferenças no consumo ao trabalhar com 250 e 375ppm de *YSE* associado a 0.5%, 0.75% e 1.0% zeólita. Esses resultados corroboram com Lowndes et al. (2019). Todos os resultados descritos se enquadram no modelo da FEDIAF (European Pet Food Industry Federation) (2016) que preconiza 75% de ingestão do alimento teste pelos animais, de acordo com suas necessidades energéticas. Se o consumo não atender essa quantidade, o teste deve ser interrompido, e um marcador, por exemplo óxido crômico, deve ser utilizado, ao invés do método de coleta total de fezes.

Uma série de estudos foram feitas com o objetivo de elucidar a relação entre o uso de zeólitas e a digestibilidade dos nutrientes. Romero et al. (2012), substituíram 35% do calcário por de zeólita associada CaSO_4 . Os resultados obtidos indicaram aumento do peso do ovo, gema e teor de sólidos totais, sem efeito significativo na produção de ovos, qualidade da casca ou na retenção do nitrogênio. A partir deste resultado os autores concluem que o uso de zeólita para aves de postura pode gerar resultados positivos sobre a digestibilidade da proteína. Safaeikatouli et al. (2012) corroboram com os resultados anteriores pois encontrou aumento significativo sobre a digestibilidade ideal da proteína ao incluir 3,0% de zeólita na dieta. Foi observada redução do fósforo contido nas cinzas e no plasma de frango de corte submetidos a dietas com adição de zeólita (SCHIEINDELER, 1993). Autores relatam melhora significativa na absorção de cálcio. A utilização de 0,15 e 0,25% de zeólita em dietas para frangos de corte reduziu significativamente a cinza fecal em comparação com o grupo controle em um estudo publicado por Çabuk et al. (2004).

Contudo, em estudos que utilizam animais de companhia a adição de zeólita não interfere nos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes. Por exemplo, ao adicionar zeólita na proporção de 1,25 a 3,75% em dietas de cães, Del Campo (2004) não observou diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), extrativo não-nitrogenado (ENN). Estes resultados corroboram com Maia et al. (2010), que utilizou níveis de zeólita de 0,50; 0,75 e 1,00% e *YSE* na concentração de 125, 250 ou 375 ppm para cães saudáveis. Resultados semelhantes foram encontrados quando Roque et al. (2011) trabalharam com os mesmos níveis do trabalho supracitado em dietas para gatos.

Santos et al (2016), em um experimento com cães, compararam uma dieta controle, sem adição de zeólita ou *YSE*, com uma dieta contendo 1% de zeólita clinoptilolita. Assim como nos demais tratamentos, não houve diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade da MS, EE, PB, extrato etéreo feito em hidrólise ácida (EEHA) e energia bruta (EB). Contudo, Lowndes et al. (2019) relataram uma diminuição linear da energia metabolizável (EM) (15,4 a 14,7 MJ/kg, $P < 0,05$) e do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca ao trabalhar com doses crescentes de clinoptilolita (0, 10, 20, 30, 40 e 50 g/kg). Os autores, explicam que a redução da EM ocorreu devido à inserção da zeólita em detrimento do milho na formulação. Um quilo de milho possuiu 16 MJ de EM, portanto a substituição de 50 g/kg de milho por zeólita gera redução de 0,8 MJ na EM. A causa da redução da digestibilidade da MS também pode ser associada à substituição da zeólita pelo milho, uma vez que se retirou um composto

digestível para incluir um composto inerte para cães. Portanto, pode-se inferir através dos estudos revisados que as zeólitas, quando adicionadas em dietas de cães e/ou gatos, exercem pouca influência na digestibilidade dos nutrientes.

2.2.2.2 Escore Fecal

As características fecais dos cães são observadas pelos tutores, e geralmente são associadas à saúde animal, mesmo que não signifiquem necessariamente que o animal está doente (SUNVOLD et al., 1995). Consistência, volume (quantidade) e odor são características que podem ser analisadas e são muito valorizadas por tutores (SABCHUK, 2014). Sunvold et al. (1995) relatam que existem dois métodos para obter a qualidade das fezes: MS fecal (%) e consistência das fezes. Em relação a consistência, Carciofi (2008), apresenta um escore fecal de que classifica as fezes de 0 a 5. Em que 0 significa fezes líquidas; o 1: fezes pastosas e sem forma; o 2: fezes macias, mal-formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; o 3: fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; o 4: fezes bem formadas e consistentes e que não aderem ao piso; o 5: fezes bem formadas, duras e secas. Segundo o autor o escore 4 representam as fezes ideais, escores inferiores pressupõem má absorção intestinal e escore 5 fezes ressecadas. A MS fecal e a consistência das fezes apresentam baixa correlação entre si, portanto o escore fecal é o melhor indicativo sobre a consistência fecal (SUNVOLD et al., 1995).

Como descrito, a adição de zeólita influencia positivamente ou não influencia na digestibilidade dos nutrientes de um alimento. Além disso, esses minerais possuem alta capacidade higroscópica, ou seja, conseguem absorver água no meio em que estão inseridos. Felix et al. (2009) constataram que a adição de aluminossilicatos em dietas para cães apresentaram maiores teores de MS fecal e melhores escores fecais em relação as dietas controle. Resultados semelhantes foram descritos por Maia et al. (2010) com a suplementação de zeólitas em dietas secas para cães. É contextualizado pelos autores que estes aluminossilicatos promoveram fezes mais firmes e com formato homogêneo, devido possuírem alta capacidade de adsorção de água livre no TGI, aumentando a MS do bolo fecal.

Contudo, Santos et al. (2013), não detectaram diferenças estatísticas na porcentagem de água nas fezes ao trabalhar com a inclusão de 125, 250 e 375ppm de YSE e 0.5%, 0.75% e 1.0% de clinoptilolita a dieta controle. Resultados similares foram descritos por Santos et al. (2011), que também suplementou YSE e zeólita em dietas de gatos saudáveis. Entretanto, Roque et al.

(2013), testaram as mesmas concentrações de YSE e zeólita, também em um experimento para gatos, e constaram relação quadrática para essa característica. O ponto máximo encontrado pelos autores foi de 0,56% de inclusão de zeólita, isto significa que ao incluir essa quantidade de zeólita em dietas para gatos encontramos o valor de escore ideal.

Estudos com outras espécies animais foram elaborados para comprovar a melhora nas características fecais através da adição de zeólita. Em um trabalho publicado com bovinos, Sweeney et al. (1984) demonstraram aumentos da MS das fezes por meio da adição de clinoptilolita na dieta de animais confinados. De acordo com Vrzgula e Bartko (1984), a adição de 5% de zeólita na dieta de suínos demonstrou como resultado fezes mais bem formadas, compactas e com menor odor em comparação com o tratamento controle. Neste trabalho, os autores avaliaram dez animais na condição de diarreia, percebeu-se que 24 horas após a alimentação com aditivo, os animais saíram das fezes pastosas para consistência firme, e em 48 horas as fezes estavam com aspecto “normal”.

2.2.2.3 Produtos da Fermentação Intestinal

Estudos demonstram que a zeólita pode estar associada a melhora da saúde intestinal de animais. Os frangos que receberam suplementação com ZC natural (ZCN) e sintética (ZCS) apresentaram maior altura de vilosidade na mucosa ileal e jejunal (WU et al., 2013). A redução do pH intestinal foi significativa no íleo e ceco no grupo ZCS ($P < 0,05$) em todo o período experimental, contudo no período de 28 a 42 semanas este tratamento também reduziu o pH duodenal. Para o tratamento ZCN ocorreu redução significativa do pH somente no ceco, no período de 28 a 42 semanas. Os autores explicam que a alta afinidade das zeólitas para água e cátions osmoticamente ativos pode facilitar a fermentação no intestino, e a atividade osmótica pode regular o pH intestinal tamponando íons de hidrogênio de ácidos orgânicos.

Neste ensaio, foi constatado redução da contagem total de cepas de *Escherichia coli* com as duas fontes de zeólita utilizadas (WU et al., 2013). Com relação aos AGCC, a suplementação com ZCS aumentou a concentração de butirato para frangos de 1 a 21 dias de vida. Entretanto, de 28 a 42 dias de vida, a suplementação de zeólita reduziu a produção de acetato, bem como a produção total de AGCC, porém o tratamento ZCN aumentou significativamente a produção de butirato no mesmo período. Os autores relatam que as zeólitas podem capturar bactérias patogênicas, fato que acarreta a alteração da fermentação bacteriana. Logo, podem modificar e controlar a concentração e as proporções molares de AGCC,

melhorando seu efeito adverso nos pintos de corte. Também foi detectado redução de *E. coli*, quando suínos foram alimentados com zeólita (WANG. YIN; KIM, 2021). Os autores suplementaram 180 suínos em terminação com doses de 0,05 e 0,1% de zeólita clinoptilolita. Os tratamentos com clinoptilolita reduziram as contagens de *E. coli* em comparação com o tratamento controle. Os autores relataram que a diminuição de *E. coli* pode estar relacionado à capacidade de troca iônica, adsorção e propriedades catalíticas da zeólita que podem favorecer o epitélio intestinal e reduzir o pH.

Encontra-se alguns trabalhos nos quais a zeólita é utilizada como tratamento de dejetos de aves (ZIGANSHINA et al., 2015) e suínos (LIN et al. 2013; HO e HO, 2011). Estes trabalhos relatam que a adição de zeólita em biodigestores ocasiona a redução do pico de produção de ácidos graxos voláteis. Lin et al. (2013) demonstram que aos 30 dias de incubação o biodigestor com a presença de zeólita apresentou comunidade bacteriana menos expressiva em comparação com o biodigestor sem a zeólita. Os autores relatam que este processo pode ter ocorrido devido ao fato do biodigestor tratado com zeólita quase ter atingido seu estágio de depleção de ácidos graxos voláteis (AGV), enquanto o outro biodigestor ainda havia uma quantidade relativamente alta de AGV, podendo ser utilizado como fonte de crescimento bacteriano.

Sabbioni et al. (2016), verificaram a composição do microbioma de cães da raça Setter Inglês alimentados com 5 g/kg de alimento de zeólita chabazítica durante 28 dias. Os animais receberam dieta de carne crua de aves, e foram submetidos diariamente a atividade física. Os resultados demonstraram que o filo Firmicutes (média 51,15% ± 11,46%) representou o filo dominante da comunidade cecal em cães, superando as Proteobactérias (média 27,06% ± 15,75%), os filos Fusobacteria (média 8,54% ± 3,46%) e os Bacteroidetes (média 5,49% ± 2,62%). Quando levou em consideração a família bacteriana, percebeu-se que no grupo tratado com zeólita houve redução nos membros da família *Enterobacteriaceae* (-66,99%), como *Escherichia*, *Klebsiella* e *Hafnia* e, também, o aumento nos membros das *Lactobacillus* (205,16%) e *Bifidobacterium* (75,35%).

É discutido no trabalho que o aumento na abundância relativa de *Lactobacillus ssp.* bem como *Bifidobacterium ssp.*, acompanhados por uma diminuição nos filotipos pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, quando os cães foram alimentados com zeólita, pode estar relacionada a capacidade adsorviva da zeólita. Encontra-se na literatura trabalhos que associam a zeólita com a redução de *E.coli*, membro da família *Enterobacteriaceae* (WU et al., 2013; WANG; YIN; KIM, 2021). Além disso, as cepas *E. coli* e *Enterobacterias* podem causar infecções oportunistas em cães (OGEER-GYLES; MATHEWS; BOERLIN, 2006), enquanto

C. perfringens está fortemente relacionada à gastroenterite hemorrágica (SCHLEGEL; RUDELSON; TSE, 2012).

2.2.2.3.1 Absorção de Amônia

Devido a sua estrutura, as zeólitas apresentam muitas propriedades que possibilitam seu uso em diversos setores. Segundo LUZ (1995) as zeólitas apresentam alto grau de hidratação; baixa densidade e grande volume de vazios quando desidratada; estabilidade da estrutura cristalina, mesmo ao ser desidratada; CTC; canais uniformes nos cristais desidratados; condutividade elétrica; adsorção de gases e vapores e propriedades catalíticas. Desta forma, as zeólitas podem ser utilizadas na cadeia industrial petrolífera, agrícola, armazenamento de calor, controle de poluentes, purificação de águas e mananciais e na construção civil (ELLIOT E ZHANG 2005; OBER 2016; NAHLI et al., 2017).

Além das propriedades de trocas catiônicas, adsorção/dessorção, as zeólitas possuem grande seletividade e capacidade de adsorção pela amônia (NH_4^+). Essa afinidade ocorre devido à atração eletrostática entre NH_4^+ carregados positivamente e sítios carregados negativamente da estrutura das zeólitas (AIYUK ET AL. 2004; ENGLERT; RUBIO 2005; NAHLI et al., 2017). Esse fato torna as zeólitas, uma tecnologia interessante para ser utilizada na agricultura, pois a ligação entre a zeólita e a amônia aumenta a capacidade do solo em reter os nutrientes como fósforo (P) e potássio (K)(NAHLI et al., 2017). Foi constatado que ocorre uma liberação gradual e controlada de fosfato quando ocorre a seguinte combinação: troca iônica da zeólita com o solo e a dissolução minerais, como a rocha fosfática rica em apatita (CHESWORTH ET AL. 1987; LAI; EBERL 1986; NAHLI et al., 2017).

Alevinos de tilápia do Nilo foram submetidos a um ambiente com altas concentrações de NH_4^+ , neste ambiente foi constatado a redução no desempenho: de crescimento, consumo de alimento, taxa de conversão alimentar, contagem de eritrócitos, conteúdo de hemoglobina, valor de hematócrito e proteína total. Nos tratamentos que foram adicionados zeólitas percebeu-se redução nos níveis de amônia, houve melhora no parâmetro sanguíneo e no crescimento em peixes expostos, observando valores próximos aos dos peixes controle (SHALABY et al., 2021). Além do NH_4^+ , as zeólitas conseguem adsorver cátions de céσιο (Cs) e estrôncio (Es) bem como metais pesados, como cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni), manganês (Mn), zinco (Zn), cromo (Cr), ferro (Fe) e cobre (Cu) de efluentes contaminados (FAGHIHIAN; KAZEMIAN.; MARAGHEH et al. 1999; FAGHIHIAN; MARAGEH; KAZEMIAN, 1999;

KAZEMIAN et al. 2001; KAZEMIAN; MALLAH 2006; GHASEMI et al., 2016; NAHLI et al., 2017).

Nikolakakis et al., (2013) relataram melhora na qualidade da cama e no desempenho de frangos de corte. Esses resultados corroboram com Karamanlis et al., (2008) que utilizaram zeólita inorgânica na dieta e na cama, nas concentrações de 0,2% e 2,0 kg/m², respectivamente. Neste trabalho foi reportado melhora no ganho de peso, na conversão alimentar e menor mortalidade do plantel. A utilização de 0,5% de uma zeólita artificial na alimentação de suínos em crescimento reduziu a porcentagem de emissão amônia, dióxido de enxofre e sulfeto de hidrogênio para o ambiente (ISLAM et al., 2014). Nas concentrações de 2,5%, 5,0% e 10% as zeólitas podem reduzir a emissão de NH₃ nas camas de frango em 36%, 62% e 92%, respectivamente (LI et al., 2008). Esses resultados corroboram com Çabuk et al. (2004) que detectaram menor emissão da amônia nos galpões de aves ao utilizar 0,15 e 0,25% de clinoptilolita no alimento. Além disso, diversos trabalhos relatam que a utilização de zeólita em biodigestores que tratam dejetos de aves (ZIGANSHINA et al., 2015) e suínos (LIN et al., 2013; HO; HO, 2011), reduzem a concentração de amônia. Lin et al. (2013), demonstram que com a adição de zeólita no biodigestor, a concentração de nitrogênio amoniacal cai durante os cinco primeiros dias. Os autores correlacionam este acontecimento ao fato da rápida adsorção da molécula de amônia pela zeólita.

Como mencionado anteriormente, a diminuição das concentrações de amônia nas fezes de cães pode auxiliar na redução de odor fecal. Roque et al. (2011), adicionaram a um alimento comercial as concentrações de 0,5; 0,75 e 1,0 % zeólita para 21 gatos. A dieta com 1,0% de zeólita foi considerada semelhante ao controle e inferior quando comparada aos demais tratamentos. Em contrapartida as doses 0,5 e 0,75% de zeólita apresentaram, quando comparadas com a dieta controle, melhores valores de odor ($p > 0,05$).

2.2.3 *Yucca schidigera* (YSE)

A família *Agavaceae* inclui 24 gêneros de plantas, que por sua vez, englobam 637 espécies e pertence à ordem Asparagales. A YSE é uma representante desta família, nativa da região desértica do sudoeste dos Estados Unidos da América e México (LI et al., 2021). As YSE produzem saponinas, substâncias que são utilizadas para a defesa contra predadores (insetos) e auxiliam no processo de crescimento das plantas (FRANCIS et al., 2002). Além

disso, estas plantas produzem resveratrol, várias enzimas e antioxidantes (CHRENKOVÁ et al., 2012; ALAGAWANY et al., 2016; FARAG et al., 2016; ALAGAWANY et al., 2018).

Segundo a etimologia, a palavra saponina é derivada do latim “sapo” que significa sabão, pois quando agitadas em água, as moléculas de saponina formam espuma. Na estrutura das saponinas há açúcares, geralmente nestas moléculas contém glicose, galactose, ácido glicurônico, xilose, ramnose ou metilpentose ligada a uma aglicona hidrofóbica (sapogenina) que pode ser triterpenóide ou esteróide na natureza (DAS et al., 2012). No aspecto químico, tanto as saponinas triterpenóide, quanto esteróide são constituídas de 30 átomos de carbono contendo precursor oxidosqualeno (HARALAMPIDIS; TROJANOWSKA; OBSOURN, 2002; VINCKEN et al., 2007) e possuem alto peso molecular, pois apresentam de 1 a 8 resíduos de açúcares ligados ao triterpeno ou a fração aglicona esteroidal (HOSTETTMANN; MARSTON, 1995; VINCKEN et al., 2007). A cadeia de açúcares presentes nas moléculas de saponinas pode variar e geralmente são anexadas ao C3 ou ao C17 (via C28) (VINCKEN et al., 2007).

O extrato de YSE apresenta dois componentes ativos, sendo eles o glicol que apresenta a capacidade de se ligar a amônia e as saponinas, cujas propriedades já foram descritas (KHASKHELI; KHASKHELI; KHASKHELI, 2020). A porção glicol da YSE, também denominada de porção solúvel, é altamente termoestável e tem a capacidade de sequestrar as moléculas de amônia e transformá-las em nitrato e nitrito (ABDEL-TAWWAB et al., 2021; DAWOOD et al., 2021)

A *Yucca* é uma planta muito difundida por ser considerada um aditivo totalmente natural e pelo seu caráter medicinal (ALAGAWANY et al., 2018). Existem dois principais produtos que são utilizados a partir da YSE, o pó e o extrato de *Yucca*. Para se obter o pó é necessário que o caule das plantas seja macerado e posteriormente moído, em contrapartida, para se obter o extrato é necessário que o caule macerado seja submetido à prensa mecânica para liberar o suco que passa por um processo de evaporação para se tornar concentrado (CHEEKE, 2000).

2.2.3.1 Consumo e Digestibilidade

Em um experimento com coelhos Hussain, Ismail e Cheeke (1996), observaram que coelhos alimentados com dietas suplementadas de 250 ppm de YSE não apresentavam diferenças no consumo quando comparado ao grupo controle. Ashour et al. (2014) relataram que a adição de 200, 4000 e 6000 g/kg de extrato de YSE, não causaram alteração no peso vivo e no ganho de peso de coelhos da raça Nova Zelândia. Földešiová et al. (2017), também

trabalharam com coelhos Nova Zelândia, e perceberam que ao serem adicionadas doses de extrato de YSE no alimento (0, 5 e 20g/100 Kkg) por um ano os coelhos apresentaram aumento no ganho de peso, contudo essa dieta também induziu alterações deletérias no fígado dos animais.

Ao adicionar os níveis de 30, 60 e 90 ppm de extrato de YSE no alimento de codornas, Kaya, Erdogan e Erdogan, (2003) não observaram diferenças significativas em relação ao consumo de alimento. Alagawany et al. (2018) realizaram um experimento com intuito de observar se o extrato de YSE conseguiria diminuir os efeitos deletérios do chumbo na dieta de codornas japonesas. O experimento durou oito semanas, as aves escolhidas tinham dois meses de idade e foram divididas em seis grupos: controle (dieta basal); dieta basal + 100 mg chumbo / kg de dieta; dieta basal + YSE (100 mg / kg de dieta); dieta basal + YSE (200 mg / kg de dieta); dieta basal + LD (dieta de 100 mg / kg) + YSE (dieta de 100 mg / kg) e dieta basal + LD (dieta de 100 mg / kg) + YSE (dieta de 200 mg / kg). Os resultados do trabalho demonstram que a adição de chumbo resultou em uma diminuição significativa no consumo de alimento, na taxa de conversão alimentar e na produção de ovos das aves em comparação com o grupo de controle. Contudo, não houve diferenças significativas quanto aos fatores supracitados, quando o extrato de YSE foi adicionado em ambos os níveis (100 ou 200) separadamente ou em combinação com o chumbo.

Acredita-se que a digestibilidade dos nutrientes pode ser melhorada pela adição do extrato de YSE, pois se encontra na literatura trabalhos que relatam que este composto age sobre a parede intestinal tornando-a mais permeável. Como as saponinas são pouco absorvíveis (CHEEKE, 2000) sua ação se concentra no intestino. Em um trabalho realizado por Jonhson et al, (1986), foi constatado que ação das saponinas no intestino aumentou a ação da mucosa intestinal, reduzindo o transporte ativo de nutrientes, por sua vez, facilitando a absorção de substâncias. Em outro estudo, ratos adultos receberam saponina por via oral, Gee et al. (1997), demonstraram que ocorreu aumento da absorção de β -lactoglobulina nos animais. A β -lactoglobulina é uma proteína absorvida por recém-nascidos nas primeiras horas após ingestão do colostro.

Hong et al. (2001) encontraram aumento da digestibilidade da MS e da PB em suínos alimentados com 60 e 120 ppm de extrato de YSE. Os autores ainda relatam que a eficiência alimentar foi significativamente maior para os grupos que consumiram extrato de YSE em relação ao controle. Estes resultados são diferentes do encontrados por Bae et al. (1999) que não observaram diferenças na digestibilidade da MS e do N quando suplementaram suínos com

extrato de YSE. Yang et al. (2021), testaram os efeitos do extrato YSE e *Candida utilis* (CU) oral no desempenho de crescimento leitões. Os resultados demonstram que quando utilizados separadamente o extrato de YSE e CU proporcionam maior peso vivo, ganho de peso diário e menor conversão alimentar em ração ao grupo controle. No tratamento que continha dieta controle associado a *C. utilis*, os animais apresentaram maiores consumos de alimentos diários, contudo, YSE+CU não apresentou diferenças estatísticas em ração controle.

Entretanto, Singer et al. (2008) realizaram dois experimentos utilizando extrato de YSE e Quillaja saponária (QS). O primeiro foi realizado *in vitro*, foram utilizadas três doses das fontes de saponina (15, 30 e 45 g / kg de matéria seca do substrato) no líquido ruminal de três vacas leiteiras. Os resultados deste experimento demonstraram redução linear da produção de metano com o aumento dos níveis de saponina. Além disso, ocorreu redução da concentração de amônia, da proporção de acetato e da relação acetato: propionato no fluido ruminal tamponado em comparação com o tratamento controle. Também foi constatado a redução da fibra em detergente neutro digestível e diminuição a digestibilidade da MS em comparação com o tratamento controle.

Devido à redução da digestibilidade da MS, os autores do trabalho reduziram os níveis de suplementação de extrato de YSE e QS no experimento *in vivo*. Ao avaliar a suplementação de 10g/Kg de MS de extrato de YSE e 10g/Kg de MS de Quillaja saponária em vacas em lactação Singer et al. (2008) observaram que as saponinas não influenciaram na produção de leite, na digestibilidade total dos nutrientes, na fermentação ruminal e na produção de metano em relação ao grupo controle. Contudo, o consumo de MS foi maior para as vacas alimentadas com as saponinas, principalmente para as vacas alimentadas com extrato de YSE, desta forma, a eficiência produtiva destas vacas (kg de leite / kg de MS ingerida) foi menor em comparação com o grupo controle.

A adição das doses de 250, 500 e 750 mg / kg de extrato de YSE em dietas caninas com diferentes níveis de proteína bruta (25 e 35%), Dos Reis et al (2017), não encontraram diferenças significativas com relação ao consumo e digestibilidade dos nutrientes. Em um trabalho citado no tópico anterior, Maia et al. (2010), utilizaram diferentes níveis de zeólita e YSE no alimento de cães saudáveis, e não foi observado diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade da MS, EEHA, PB, extrativo não-nitrogenado (ENN), na palatabilidade e na ingestão voluntária de alimentos. Estes resultados corroboram com Roque et al. (2011) que também trabalharam com os mesmos ingredientes do trabalho supracitado em dietas para gatos. Contudo, Santos et al. (2016) suplementaram com doses de 375 ppm de YSE

e 1% de zeólita na dieta de cães, os resultados demonstram que a adição de 375ppm de extrato de YSE reduziu a digestibilidade da gordura dietética. Os autores relatam que essa redução pode ter ocorrido devido à interação entre as saponinas e os sais biliares.

O papel das saponinas na literatura ainda é controverso, alguns autores relatam que estes compostos apresentam efeitos negativos na produção animal (POTTER et al., 1993). Algumas hipóteses foram levantadas para explicar a causa dos efeitos negativos, Francis et al. (2002) relatam que a característica adstringente e irritante das saponinas diminuem o consumo. Além disso, ocorre redução do trânsito intestinal que, conseqüentemente, reduz a produção de metabólitos e diminui a digestibilidade da proteína. As saponinas têm a capacidade de se ligar as proteínas e formar complexos de difíceis digestão (POTTER et al., 1993).

2.2.3.2 Escore Fecal

Como já retratado na seção anterior, o escore fecal pode ser um indicativo da saúde intestinal do animal, por isso é importante para os proprietários de animais de companhia. O escore é uma medida qualitativa, contudo pode ser associada ao grão de digestibilidade da dieta, pois alimentos que com um alto coeficiente de digestibilidade produzem fezes bem formadas, com consistência firme e menos volumosas (CASE et al., 2010). Estudos comprovam que o escore fecal está correlacionado com a quantidade de água das fezes, uma vez que, há redução da consistência fecal quando o teor de água das fezes aumenta (COWELL et al., 2000).

Através de um estudo no qual matrizes suínas foram alimentadas com 0,06, 0,12 e 0,24% da dieta com extrato de YSE, nota-se que a taxa de diarreia de leitões lactentes foi significativamente reduzida em comparação com o grupo controle (CHEN et al., 2021). Estes resultados estão em consonância com Haupti e Lovato (2006) que avaliaram suínos alimentados com doses de extrato de YSE e *Quillaja saponaria*. Neste experimento os autores perceberam um aumento significativo da consistência fecal nos animais alimentados com o composto de saponinas em relação ao grupo controle.

Em um trabalho publicado em 1997, gatos consumiram 125 ppm de extrato de YSE, foi constatado que ocorreu uma interação entre o sexo dos animais e consumo de extrato de YSE. Nesse sentido, Lowe e Kershaw (1997) informam que o uso do aditivo em fêmeas gerou fezes mais firmes e bem formadas, em contrapartida, em machos as fezes ficaram menos consistentes. Santos et al. (2011), também trabalharam com gatos, contudo não observaram diferenças na produção fecal diária e na porcentagem de água nas fezes dos gatos alimentados com doses de

125, 250 e 375ppm de YSE e 0,5%, 0,75% e 1,0% de zeólita. Trabalhando com a mesma espécie e as mesmas doses do autor anterior, Roque et al. (2011), não notaram diferenças significativas em relação à dieta controle.

Em cães, foi observada melhora na consistência das fezes quando os animais consumiram o extrato de YSE, Parreira (2003) concluiu que a dose 375 ppm foi a que apresentou melhor escore fecal. No experimento realizado por Maia et al. (2010), foi verificado que as doses de 125, 250 e 375ppm de YSE aumentaram a consistência fecal em relação ao controle. Contudo, os valores relacionados ao extrato de YSE, foram significativamente menores quando comparados aos tratamentos que continham zeólita nas doses de 0,5%, 0,75% e 1,0% da dieta. Os resultados supracitados corroboram com Dos Reis et al (2016), que não notaram diferenças estatísticas quando compararam a inclusão das doses de 250, 500 e 750 ppm de YSE em duas dietas com níveis de proteínas diferentes.

2.2.3.3 Produtos da Fermentação

Encontra-se na literatura um número maior de estudos realizados em ruminantes, e nota-se que o extrato de YSE tem a capacidade de reduzir o N-amoniaco presente no rúmen (GLIMP; TILLMAN, 1965; GROBNER et al., 1982; GIBSON et al., 1985; HUSSAIN; CHEEKE, 1995). Além disso, também é constatado que o extrato de YSE reduziu a concentração de AGV em ruminantes (RYAN; LEEK; JACQUES, 1993; HUSSAIN e CHEEKE, 1995). Wu et al. (1994) discordam dos autores citados anteriormente e relatam que a administração de até 8 g/d de extrato de YSE no rúmen de vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo 1,2% de ureia não afetou as concentrações de NH₃ e N ruminal (variando de 31,7 a 35,4 mg/dL), do pH ou dos ácidos graxos voláteis.

Em um estudo *in vitro* foi analisado o efeito do extrato de YSE nos metabólitos da fermentação de proteínas (AGCC, AGCR, fenóis e indóis, aminas biogênicas, amônia e pH) usando inóculos fecais de cães alimentados com uma dieta de baixa (B) ou alta (A) proteína (proteína bruta 201 ou 377 g / kg como alimentação) (VIERBAUM et al., 2019). A concentração de AGCC não foi influenciada pela adição de YSE exceto por uma tendência ao aumento na concentração de acetato e uma diminuição na razão molar de i-valerato na dieta com alto nível proteico. Quando houve associação da YSE e inulina os autores notaram efeitos mais efetivos na concentração de AGCC e AGCR, contudo os resultados da combinação foram semelhantes aos achados com IN, porém com diminuição da razão molar de i-valerato. A adição

de YSE reduziu a razão entre o quociente amônia/AGV, assim como a combinação YSE e inulina. A concentração de fenol e indol não foi alterada pela inclusão de YSE na dieta. Os autores mencionam que a ação da YSE no TGI de monogástricos foi pouco estudada, contudo levanta algumas possibilidades como redução da amônia através da ligação fração livre da saponina, e inibição da urease bacteriana (HEADON et al. 1991; HASSAN et al. 2010; VIERBAUM et al., 2019).

2.2.3.3.1 Absorção de amônia

As granjas de suínos e aves possuem grande potencial emissor de amônia volátil, à vista disso, há muitas reclamações a respeito do odor destes lugares. Um fator mais preocupante que o odor propriamente dito, é que amônia e o gás sulfídrico em altas concentrações podem interferir negativamente na saúde dos animais, conseqüentemente, retardando seu desenvolvimento, aumentando a susceptibilidade a doenças e diminuindo a produtividade (HEADON et al, 1991). Uma das vertentes de estudo mais fortes a respeito do extrato de YSE na literatura, tem como objetivo elucidar a forma que este composto reduz a emissão de amônia volátil e por consequência o odor em granjas. Nesse sentido, Piacente, Pizza e Oleszek. (2005), através de uma revisão bibliográfica, demonstraram que o extrato de YSE foi efetivo na redução da emissão de amônia das fezes de várias espécies animais.

Existem três hipóteses principais sobre o mecanismo de atuação do YSE na redução dos odores fecais. Alguns autores sugerem que ocorre a inibição da urease (ASPLUND; GOODALL, 1991; PRESTON et al., 1987; ELLENBERGER et al 1985), outra hipótese é ligação à amônia (HEADON; DAWSON, 1990) e por último modificação da microbiota colônia (BINGHAM et al., 1975, BINGHAM; HARRIES; LAGA, 1978). Porcas na fase de gestação e lactação foram submetidas a doses de 0,06, 0,12, 0,24% de extrato de YSE na dieta (CHEN et al., 2021). Nesse experimento, não foram observadas mudanças significativas na atividade da urease no esterco, estes resultados corroboram com Killen et al. (1994), Killen et al. (1998). No experimento realizado por Chen et al. 2021, foi relatado que o teor de nitrogênio amoniacal das matrizes tratadas com YSE foi significativamente maior em relação ao controle. Em contrapartida, a perda de nitrogênio amoniacal no esterco foi significativamente menor nos grupos tratados com YSE. Essa relação indica que, nos grupos tratados com *Yucca*, o nitrogênio amoniacal ficou retido no esterco e não pôde ser convertido em amônia para ser emitido para o ar.

Segundo Paray et al. (2021), a YSE é utilizada na aquicultura para reduzir os níveis de emissão da amônia, pois a porção glicol da molécula tem afinidade de ligação com a amônia. Killen et al. (1998), destacam que a porção saponina presente na YSE, provavelmente, não influencia na ligação com a amônia. Portanto, os glicocomponentes e os compostos fenólicos, que, por sua vez, apresentam capacidade de ligação com o grupamento amino dos aminoácidos (CHEEKE; OTERO, 2005) são responsáveis pela interação entre a amônia e a YSE. Amon et al. (1995), relatam que através da inserção do extrato de YSE na dieta de suínos, a concentração de amônia foi significativamente menor em 26 % em relação ao grupo não tratado. A taxa de emissão de amônia também baixou na mesma proporção, contudo nem a concentração de odor nem a taxa de emissão de odor foram reduzidas significativamente com o uso do aditivo.

Hong et al. (2001), em um segundo experimento, trabalharam suínos suplementados com extrato de YSE, e observaram a influência na produção de amônia fecal. Os animais foram suplementados com 150 ppm de extrato de YSE e 100 ppm de extrato de YSD misturado com materiais emitidos no infravermelho distante (Bio-Dr). A produção de amônia fecal foi menor no grupo trato com extrato de YSE em relação ao controle. Contudo, os animais tratados com Bio-Dr, obtiveram maior redução de produção de amônia fecal em relação aos demais tratamentos. Yang et al. (2021) demonstraram que a dose de 120 mg/Kg de alimento na dieta leitões além de auxiliar na redução da emissão de amônia auxilia no crescimento animal.

Contrariamente aos animais de produção, o emprego da YSE na dieta de animais de companhia visa reduzir o odor propriamente dito. A aversão do humano pelo odor das fezes é resultado de uma combinação e intensidade dos vários compostos voláteis específicos (LOWE et al., 1997; MOORE; JESSOP; OSBORNE, 1987; HAMMOND et al., 1974). Lowe e Kershaw (1997) utilizaram cães e gatos como objeto de estudo e através da técnica de painel de odores, relataram que a inclusão de 250 ppm (cães) e 125 ppm (gatos), reduziram o odor fecal e modificou a composição química dos compostos voláteis fecais. Os autores ainda relatam que a presença ou ausência dos compostos voláteis nas fezes influi menos que a suas combinações. Maia et al. (2010), também utilizaram da técnica de painel de odores e relataram que a inclusão de 125 a 375 ppm não diferiu significativamente do grupo controle. Contudo, os cães alimentados com YSE obtiveram valores melhores do que os animais que continham a inclusão de 0,75 e 1,00% de zeólita.

Gatos alimentados com 250 ppm de extrato de YSE obtiveram fezes com menor odor em relação ao grupo controle (ROQUE et al., 2011). Quando foram alimentados com as doses de 125 e 375 ppm de YSE às vezes apresentaram média maior ($p > 0,05$) em relação grupo

controle. Ocorreu adição das doses de 250, 500 e 750 mg / kg de extrato de YSE em dietas caninas com diferentes níveis de proteína bruta (25 e 35%), Dos Reis et al. (2016) informaram que a dieta controle um (25% de PB) apresentou odor menos fétido em relação a dieta controle dois (35% de PB). Os autores relatam que essa diferença pode ter ocorrido devido à diferença da digestibilidade das proteínas nas dietas. Sobre o mesmo experimento, a inclusão de 250 e 750 mg / kg de YSE na dieta não apresentou diferenças na redução ou no aumento do odor fecal. A inclusão das doses de 250 e 750 mg / kg de YSE na dieta dois aumentou o odor fétido das fezes na opinião das pessoas testadas. Quando os animais foram alimentados com doses de 500 mg / kg de YSE na dieta dois, os resultados demonstraram fezes menos fétidas ($P < 0,01$) em comparação com a dieta sem a inclusão deste aditivo. Além disso, a inclusão de YSE reduziu ($P < 0,05$) a amônia fecal, e a inclusão de 250 e 500 mg / kg YSE reduziu o gás intestinal.

Para que o extrato de YSE reduza o odor fétido das fezes, a ação desse composto deve estabelecer efeito direto ou indireto sobre a produção ou persistência dos compostos químicos causadores do odor. A partir disto, diversos mecanismos podem entrar na equação, por exemplo, modificação na atividade metabólica do TGI do indivíduo, ou no microbioma intestinal. Por sua vez, as modificações citadas anteriormente, podem produzir diferentes proporções de metabólitos, alterando a permeabilidade da membrana intestinal, ou até a ligação de um ou diversos compostos odoríferos, conseqüentemente diminuindo o odor (LOWE et al., 1997).

2.2.3.3.2 YSE e o metabolismo do nitrogênio

Já é estabelecido pela literatura que a YSE exerce efeitos no metabolismo do nitrogênio, dentre eles, encontra-se a redução da ureia e da amônia sérica. Algumas hipóteses já foram descritas ao decorrer desta revisão, como a inibição da urease, enzima bacteriana que converte a ureia em amônia; ligação dos glicocomponentes das moléculas de YSE a amônia e por último modificação da microbioma colônia. Alguns autores relatam que a YSE pode modificar a função renal, de forma a aumentar a depuração da ureia e, por consequência, diminuir a concentração ureia e amônia sanguínea (WALLACE; ARTHAUD; NEWBOLD, 1994; HRISTOV et al., 1999).

Através de um ensaio *in vitro*, pesquisadores observaram o comportamento da urease do *Bacillus pasteurii* na presença da YSE (KILLED et al., 1994). Para ter um parâmetro de comparação os autores também observaram o efeito da YSE na enzima 8-galactosidase de

Aspergillus oryzae, uma hidrolase não correlacionada com a urease. Os resultados obtidos neste experimento demonstraram fraca redução das duas enzimas testadas. Os autores concluíram que os efeitos da YSE sobre a urease são ínfimos e não servem como base para explicar a redução de ureia/amônia *in vivo* em dietas com os níveis de inclusão de alimento de menor ou igual 100 g/ tonelada.

Os mesmos autores realizaram um trabalho avaliando a interação dos compostos presentes na YSE “*in vivo*”. Para isto, foram separadas a fração saponina, denominada no experimento de butanol extraível (BE), e a fração não saponina, também denominada de butanol não-extraível (NBE). Desta forma, o experimento consistia em quatro tratamentos, nos quais grupos de cinco ratas (12 semanas de idade) tiveram acesso *ad libitum* a dietas suplementadas com água (controle), 200 mg/kg de YSE (TOT) ou sua fração equivalente a NBE ou BE por 64 dias. Quando os animais foram alimentados com a falimento NBE ocorreu redução da concentração de ureia e amônia na corrente sanguínea, além disso, aumentou a concentração de amônia fecal. O NBE aumentou e o BE diminuiu os níveis de atividade da urease do intestino posterior, em contrapartida, não houve nenhuma alteração nos animais alimentados com o tratamento TOT. Desta forma, os autores concluem que a redução da ureia na corrente sanguínea ocorreu devido ao aumento da taxa de depuração plasmática ou pela diminuição da taxa de síntese hepática (KILLED et al., 1994).

Dietas com doses de 120 ppm de saponina não diminuíram a concentração de ureia sérica em ratos (PRESTON et al., 1987). Ao fornecer as doses de 200 ppm de YSE, a fração de BE e de NBE para os ratos, foi constatado redução no nível da ureia sérica e da atividade da arginase e da argininosuccinato liase *in vivo* (DUFFY et al., 2001). Diferentemente dos autores citados anteriormente, (AMBER; YAKOUT; HAMED RAWYA, 2004) não constataram alteração significativa na concentração da ureia na corrente sanguínea, ao trabalharem com a dose de 250 ppm de YSE na dieta de coelhos. Contudo, Lowe e Kershaw (1997) encontraram diminuição das concentrações da ureia sanguínea em gatos quando foram alimentados com 125 ppm de YSE. A associação de extrato de YSE para cães e gatos também não alterou a concentração da ureia sérica dos animais (MAIA et al., 2010; ROQUE et al., 2011). Dos Reis et al. (2016), incluíram extrato de YSE em duas dietas com diferentes níveis proteicos. Os autores não encontraram diferenças entre as diferentes doses de extrato YSE quando comparadas na mesma dieta. Contudo, a dieta que continha maior proporção de proteína apresentou maior concentração de ureia sanguínea.

2.2.4 β -Glucanos

As fibras possuem propriedades diferentes de acordo com sua origem, solubilidade, modificações da sua estrutura no TGI, processamento do alimento e suas características físico-químicas. Em relação a solubilidade, a fibra pode ser classificada em solúvel (PNA solúveis) ou insolúvel (PNA insolúveis) em água. Os PNA solúveis podem ser formados por pectinas, inulina, gomas, alginatos, carragenas, β -glucanos e geralmente são fermentáveis no colón, com alto grau de viscosidade e geletificantes.

Devido as características descritas acima, a utilização de fibras solúveis na alimentação animal estava relacionada a diminuição de desempenho e produção, por isso os cereais, como a aveia e a cevada eram pouco utilizados. Estes grãos citados apresentam em sua composição uma alta concentração de β -glucanos que são correlacionados com menor ação das enzimas digestivas sobre os nutrientes e por sua vez, diminuem os valores de digestibilidade (GRAHAM; ÅMAN, 1991). Outro fator que inviabilizou o uso de β -glucanos na alimentação animal, foi o aumento de ocorrência de fezes moles e viscosas. Desta forma, na década de 80 começaram a desenvolver enzimas comerciais contendo β -glucanase para tentar minimizar tais efeitos antinutricionais.

No ano de 2018 foi aprovado pela União Europeia uma proposta de regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho, que altera o Regulamento (CE) 726/2004 que atualmente estabelece procedimentos comunitários de autorização e fiscalização de medicamentos para uso humano e veterinário. Assim, o parlamento europeu vetou o uso de antibióticos como promotores de crescimento para animais. Então, ocorreu uma intensa busca por alternativas viáveis e que fossem capazes de exercer efeitos similares ao de antimicrobianos. Somente nesse período os β -glucanos passaram a ser utilizados na dieta de animais de produção, desta forma, pesquisas sobre este ingrediente foram feitas e foi constatado que exercem influência positiva sobre os processos fisiológicos e metabólicos do corpo, como estimulação da saciedade, redução das concentrações de glicose no sangue e colesterol e no peso corporal (FERREIRA et al., 2018).

Os β -glucanos são classificados como polissacarídeos e consistem em mais de 250.000 unidades de D-glicose interligadas por ligação β -glicosídica. Existe uma variação na estrutura dos β -glucanos em virtude das diferentes fontes. Os β -glucanos de leveduras e de cogumelos têm ramificações β (1, 6) curtas ligadas a uma estrutura β (1, 3). Os β -glucanos de aveia e cevada são ligações β (1,4) lineares que separam cadeias mais curtas de estruturas β (1,3)

(JAYACHANDRAN et al., 2018). Estudos comprovam que as forma da molécula dos β -glucanos, ou seja, de ligação, presença e grau de ramificações, peso molecular e solubilidade influenciam de diferentes formas a natureza e a intensidade dos efeitos deste aditivo no TGI (FERREIRA et al. 2018).

2.2.4.1 Consumo e Digestibilidade

O uso de β -glucanos de aveia foi avaliado na dieta de cães com relação a aspectos nutricionais e imunológicos (FERREIRA et al. 2018). Para isto, os cães receberam uma dieta suplementada com 1% de β -glucano durante 71 dias. Não houve diferenças significativas quando foi avaliada a ingestão de alimento e a média de peso corporal dos animais pelo consumo de β -glucano dietético. Os autores perceberam que os animais suplementados apresentaram menores concentrações séricas de colesterol total e lipoproteínas de densidade baixa e muito baixa, menores CDA de matéria seca, matéria orgânica, matéria mineral e lipídeos. A diminuição da digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, matéria mineral e lipídeos foi relacionado ao fato dos β -glucanos atuarem de forma similar a um tipo de fibra solúvel, que quando ingerida, aumenta a viscosidade da digesta e dificulta o ataque enzimático.

Quanto a baixa concentração de colesterol encontradas no experimento, os autores elucidam que a alta dificuldade da ação das enzimas endógenas devido à viscosidade contribuíram para reduzir a concentração colesterol e de lipídeos no trato gastrointestinal (FERREIRA et al. 2018). Além disso, a viscosidade pode inibir a reabsorção dos sais biliares no IG, fato que aumenta a excreção fecal do colesterol (EL KHOURY et al., 2012). A diminuição da digestibilidade também ocorreu quando Reilly et al. (2010), testaram a influência de uma dieta a base feita de aveia com a concentração de 45,5 g/kg de β -glucano e observou redução do coeficiente de digestibilidade da MS, MO, FDN e EB, quando comparados a uma dieta à base de trigo suplementada com a mesma concentração de β -glucano. Segundo os autores, há diferenças entre a solubilidade e características físicas do β -glucanos da aveia e do suplementado podem ter influenciado nos resultados.

Foram adicionados polissacarídeos não-amiláceos (PNA) na dieta de cães para avaliar a ação de uma enzima que continha em sua composição xilanase, β -glucanase e amilase. Foram utilizados três tratamentos, o A que consistia na dieta controle sem adição de PNA, B com 16 g/kg e o tratamento C com 20 g/kg de PNA. Foi observado que para os coeficientes de

digestibilidade de EB e EE houve aumento significativo com o emprego das enzimas para o tratamento B e C. A uso da enzima melhorou a digestibilidade do amido apenas para a dieta B. A digestibilidade da MS foi aumentada quando foi utilizada a enzima no tratamento C. Os autores relatam que a ação da enzima foi específica contra os compostos arabinoxilana e β -glucanos, quebrando essas moléculas em polímeros menores, o que ocasionou a diminuição da viscosidade da digesta, possibilitando maior ataque enzimático (BARRY et al.2014).

Em outro estudo, 14 cães foram alimentados com três dietas diferentes, sendo elas: dieta controle (CON), CON + 150 ppm de β -glucano diariamente no momento da alimentação (C+B), e CON mais β -glucana incluída na formulação da dieta (CB). Não houve diferenças significativas com relação ao consumo, e a digestibilidades da MS e da PB foram maiores para o tratamento CB em relação ao controle. A digestibilidade da energia metabolizável também foi maior para o tratamento CB do que para os demais. (TRAUGHBER et al., 2021). Esses resultados corroboram com Chae et al. (2006) que suplementaram frangos de corte com 0,02% e 0,04% de β -glucano da levedura *Sacharomyces cerevisiae*, e perceberam aumento da digestibilidade da MS em comparação as dietas sem suplementação. É relatado pelos autores que β -glucanos oriundos de microrganismos apresentam efeito positivo no desempenho animal, enquanto o mesmo composto provindo de cereais apresenta efeitos antinutricionais. Letões suplementados com β -glucanos semelhantes ao trabalho citado anteriormente, em concentração de 0,01%, 0,02%, 0,03% e 0,04%, apresentaram melhora na digestibilidade dos minerais cálcio e fósforo e na digestibilidade dos nutrientes da MS, PB, EE (HAHN et al., 2006).

Em outro ensaio, cães foram suplementados com doses de um produto comercial de parede celular de levedura (apresenta e sua composição $\beta(1,3),\beta(1,6)$ -glucanos) (MIDDELBOS et al., 2007). Neste ensaio, os animais foram alimentados com doses de 0%, 0,05%, 0,25%, 0,45% e 0,65% de parede celular de levedura. Relatou-se que não houve redução do consumo, constatou-se também aumento da digestibilidade ileal da MS, MO, PB em uma tendência ao aumento do EE com o uso de 0,25% da parede celular de leveduras. Com relação a digestibilidade total do TGI, a digestibilidade da MS respondeu cubicamente à suplementação, assim como a digestibilidade total da MO, PB, EB e fibra dietética insolúvel. Comparada com a dieta controle, a suplementação da parede celular de levedura tendeu a resultar em menor digestibilidade da fibra dietética insolúvel. A digestibilidade da fração de fibra dietética solúvel não foi afetada pela suplementação e foi alta entre os tratamentos.

Os autores supracitados realizaram outro experimento, desta vez com cães canulados, no qual utilizaram diferentes fontes de fibra. Desta forma os tratamentos foram divididos em controle, polpa de beterraba, celulose, celulose + 1,5% de frutooligossacarídeos (CFOS), celulose + 1,2% de frutooligossacarídeos + 0,3% parede celular de levedura (YCW1) e celulose + 0,9 % de frutooligossacarídeos + 0,6% parede celular de levedura (YCW2). Os tratamentos contendo parede celular de levedura apresentaram redução da digestibilidade da PB. Além disso, o tratamento YCW1 apresentou redução da digestibilidade da MO, EE e EB em relação ao controle.

2.2.4.2 Escore Fecal

Existe uma relação entre a presença de fibras na dieta e a consistência fecal, Cole et al. (1999), relata que a fermentabilidade da fibra afeta consideravelmente a consistência das fezes. Este fato ocorre pois os produtos da fermentação e produtos que acabam escapando dos processos de fermentação intestinal, alteram a osmolaridade do meio, consequentemente, atraindo maior quantidade de água para o lúmen intestinal (VERNIA et al., 1988). Em contrapartida, os PNA insolúveis são poucos viscosos e geralmente possuem baixa capacidade fermentativa, desta forma, aumentam o peristaltismo da mucosa intestinal (NRC, 2006), retém a água, elevam o volume e o peso das fezes.

Ferreira et al. (2018), relatando que uma dieta suplementada com 1% de β -glucano para cães resultou no aumento da quantidade de fezes total, e na diminuição da consistência destas que ocorreu devido ao aumento de água nas fezes. Em contrapartida a inclusão de 150 ppm de β -glucano derivado de levedura não teve efeitos sobre as características fecais (TRAUGHBER et al., 2021). A inclusão de doses de 0%, 0,05%, 0,25%, 0,45% e 0,65% de parede celular de levedura também não influíram na escore fecal dos animais. Contudo, o tratamento que incluiu 0,45% de β -glucano resultou em menor valor de produção fecal (MIDDELBOSS et al., 2007). No trabalho citado no tópico anterior, Twomey et al. (2003) destacam que o aumento de PNA diminuiu o escore fecal de cães. Contudo, a inclusão da enzima que cliva os compostos arabinosilana e β -glucanos na dieta, o escore fecal normalizou novamente.

Suínos foram alimentados com duas diferentes dietas: uma a base de cevada (22,9g de β -glucano /kg de dieta) e outra a base de trigo suplementada a com β -glucano de aveia (22,7g de β -glucano/kg de dieta) (O'SHEA et al., 2011). Quando os animais consumiram a dieta que continha cevada, foi constatado uma maior produção fecal em (kg/dia). Ao comparar o uso dietas

com diferentes concentrações de β -glucano (cevada:41,8g de β -glucano/kg de dieta; trigo: 2,2g de β -glucano/kg de dieta; ou de milho: 0,2g de β -glucano/kg de dieta), Leek et al. (2007) constataram que quando os animais consumiram a dieta com cevada, eles apresentaram maior produção diária.

Silva et al. (2020) distribuíram aleatoriamente 120 leitões, desmamados aos 22 dias de idade, em seis tratamentos, sendo estes: T1) colistina (40ppm); T2) β -glucanos/mananoligossacarídeos (0,2%); T3) butirato de cálcio (0,1%); T4) β -glucanos/mananoligossacarídeos (0,1%) + frutoligossacarídeos (0,01%) + galactoligossacarídeos (0,09%); T5) β -glucanos/mananoligossacarídeos (0,1%) + frutoligossacarídeos (0,03%) + galactoligossacarídeos (0,07%); e T6) β -glucanos/mananoligossacarídeos (0,1%) + frutoligossacarídeos (0,05%) + galactoligossacarídeos (0,05%). Não foi relatado diferenças nos parâmetros de desempenho zootécnico dos animais em nenhuma das fases de criação. Para a avaliação do escore fecal os pesquisadores utilizaram a metodologia de Vassalo et al. (1997) e foram classificadas avaliando as fezes com consistência regular (0), fezes moles (1), fezes pastosas (2) e fezes aquosas (3). Através dos resultados pode-se concluir que todos os tratamentos alternativos (T2 a T6), apresentaram resultados semelhantes ao tratamento com colistina que é um antibiótico utilizado para a redução de diarreia. Contudo, Silva et al. (2020) acrescentam que para o tratamento T4 e T6 os resultados foram significativamente melhores quando comparados ao T5 que apresentam os mesmos aditivo, porém em diferentes proporções. Segundo os autores estes resultados podem ser associados a melhora no sistema imunológico e no epitélio intestinal.

2.2.4.3 Produtos da Fermentação

Os cereais β -glucanos têm características interessantes a saúde animal, pois têm propriedades profiláticas e terapêuticas promissoras, como anticâncer, antidiabético, imunomodulador, antiinflamatório e protetores da pele (SHOUKAT; SORRENTINO, 2021; JAYACHANDRAN et al., 2018; ; SHEN et al., 2016; CLEMENTE et al., 2012). Esse PNA é completamente fermentado no IG o que proporciona aumento de microrganismos intestinais benéficos devido suas propriedades probióticas (LAM et al., 2018). Desta forma, os β -glucanos estão envolvidos na minimização dos níveis de oxigênio luminal, aumentam a absorção de água e íons, fortalecem as proteínas de JF, proporcionam melhor relação vilo/crípta, aumentam a imunidade inata e adaptativa, geram maior a disponibilidade de energia para as células da

mucosa e aumentam o espessamento do muco (ADEBOWALE; YAO; OSO, 2019). β -glucanos também acarretam na diminuição do pH intestinal, e este parâmetro exerce uma grande influência sob os parâmetros de absorção e, também, no microbioma intestinal (HAJATI; REZAEI, 2010).

Leitões desmamados aos 18 dias de vida foram alimentados com levedura hidrolisada (HY), sendo os tratamentos controle (C): sem suplementação de HY; HY5: C + 5% da dieta suplementada com HY; e C + 10% de dieta suplementada com HY (HY10) (BOONTIAM et al., 2022). Aos 28 dias foram medidas a concentração de AGV nas fezes dos animais, e os resultados foram: aumento linear nas concentrações de ácido acético e ácido propiônico à medida que aumentou a quantidade de HY da dieta. Contudo, não foram detectadas diferenças significativas para as concentrações de ácido butírico e valérico nas fezes dos porcos. Além disso, a concentração de AGCR decresceu linearmente com a inclusão de HY. Os autores discutem que a redução dos AGCR indica que os leitões têm uma boa capacidade de utilização da proteína de leveduras na fase inicial de produção. O aumento da relação AGCC indica maior fermentação da fibra do que de proteína no intestino grosso, assim suprimindo o crescimento de patógenos e a secreção de citocinas pró-inflamatórias, enquanto melhora o desempenho de crescimento de leitões desmamados precocemente (BOONTIAM et al., 2022).

No estudo de Silva et al. (2020), já mencionado anteriormente, foi encontrada diferenças significativas na concentração de propionato cecal em leitões, quando estes foram alimentados com o T3, T5 e T6, respectivamente, β -glucano/mananoligossacarídeos (0,1%) + frutooligossacarídeos (0,03%) + galactooligossacarídeos (0,07%) e β -glucano/mananoligossacarídeos (0,1%) + frutooligossacarídeos (0,05%) + galactooligossacarídeos (0,05%). Estes resultados foram melhores que o tratamento controle (40 ppm colistina), mas não diferiram ($P > 0,05$) dos demais tratamentos.

Uma inclusão de 150 ppm deste β -glucano derivado de levedura em dietas para cães, não teve efeitos nos ácidos graxos fecais de cadeia curta e ramificada, na amônia, nem nas concentrações de indol e fenol (TRAUGHBER et al., 2021). De acordo com Twomey et al. (2003), em um trabalho cuja metodologia foi citada anteriormente, a inclusão de PNA na dieta de cães causou aumento na fermentação no IG, fato que resultou em diminuição do pH fecal AGV e o aumento do lactato. Segundo os autores, o aumento do lactato foi determinante na redução do pH intestinal, indicando que o acúmulo de produtos de fermentação ácida pode alterar o ambiente intestinal de modo que os padrões de fermentação mudem. Ao adicionar a enzima que cliva os compostos arabinosilana e β -glucanos, os autores não constataram o efeito

no total de AGV fecal e nas concentrações de lactato ou no pH fecal. No entanto, houve algumas mudanças nas proporções molares de AGV com a adição das enzimas com as proporções molares de propionato e isobutirato diminuindo e aumentando, respectivamente.

Ratos foram divididos em 6 grupos e foram alimentados com produtos à base de farinha de aveia que continha concentrações de 4-128 g/kg de amido resistente, 30-92 g/kg de b-glucana e 122-304 g/kg de fibra alimentar total (DRZIKOVA et al., 2005). Os tratamentos foram: C, controle (se adição de compostos de aveia); F, farinha de aveia; FN, farinha de aveia/Novelose; B, farelo de aveia; BN, farelo de aveia/Novelose; F#, farinha de aveia (autoclavada). O pH intestinal foi reduzido em todos os grupos testes, assim como as concentrações totais AGCC foram significativamente maiores para todos os grupos que continham aveia em relação ao grupo controle, sendo os para AGCC: controle, 156,1 mmol; grupo F, 313,9 mmol; grupo FN, 420,5 mmol; grupo B, 590,4 mmol; grupo BN, 609,3 mmol; grupo F#, 345,5 mmol (P,0-001 em todos os grupos de teste). O acetato foi o AGCC mais produzido em todos os grupos, incluindo no grupo controle, contudo, a concentração de acetato foi significativamente maior em todos os grupos que apresentaram compostos a base de aveia. O mesmo padrão se ocorreu nas concentrações de propionato e butirato, entretanto os valeratos estavam presentes apenas em quantidades relativamente baixas. Segundo os autores, a razão para a maior produção de AGCC está na composição da aveia que apresenta diferentes tipos fermentáveis de fibra alimentar (FA), como (1,3), (1,4)- β -glucano (DRZIKOVA et al., 2005).

Em um estudo *in vitro* forma inoculadas 100 mg de β -glucanos de cevada em uma solução constituída de 9 mL de meio de cultura e 1 mL do inóculo fecal diluído ativado (as utilizadas foram fezes humanas) (RÖSCH et al.,2016). Foi constatado que a partir da fermentação do β -glucano de cevada, houve aumento de pH de 5,8 para 6,2 em 8 horas do processo. Segundo os autores isto pode ser indício da utilização da proteína, presente no β -glucanos da cevada, pelos microrganismos, resultando na produção de amônia em vez de AGCC. Houve flutuação de pH nas horas subsequentes, sendo 5,9 (10 h), 6,2 (11 h), 6,3 (24 h) e 6,0 (48 h). Essas mudanças mínimas de pH ao longo do tempo sugerem a presença de diferentes populações de β -glucanos de diferentes fermentabilidade. Com relação aos AGCC, percebeu-se aumento da concentração após três horas do início do processo fermentativo, sendo que a concentração saiu de 2,5 mmol/g de β -glucanos de cevada para um máximo de 6,3 mmol/g de β -glucanos de cevada em 24 h. Da proporção total de AGCC após 24 h, 1,4 e 1,1 mmol/g de β -glucanos de cevada eram propionato e ácido butírico, respectivamente, totalizando 30% da produção total. A porcentagem restante (70 mmol%) foi formada pelo ácido acético, atingindo

um máximo de 3,9 mmol/g de β -glucanos de cevada em 24. Dessa forma, de acordo com os resultados encontrados nos diferentes estudos, pode-se concluir que os β -glucanos influenciam de forma distinta a produção de AGV no intestino, contudo há escassez de informações relacionadas aos efeitos metabólicos e fisiológicos dos betaglucanos, indicando a necessidade de mais estudos nessa área.

2.2.4.4 Efeito imunomodulador dos β -Glucanos

Muitos receptores de reconhecimento padrão (RRPs) presente nas células do sistema imune inato reconhecem os β -glucanos como padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs). O receptor dectina-1, expresso em macrófagos, neutrófilos e células dendríticas (CHAN; CHAN; SZE, 2009), durante muito tempo foi catalogado apenas para β -glucanos oriundos de fungos e leveduras, contudo pesquisas mais recentes comprovaram ser capaz de reconhecer os β -glucanos provenientes da cevada (TADA et al., 2008). O receptor dectina-1 atua colaborativamente com o receptor Toll-Like (TLR) 2 para a indução de citocinas (isto é, fator de necrose tumoral alfa [TNF- α] e interleucina-12 [IL-12]) e outros mediadores inflamatórios (BROWN; GORDON, 2003; GANTNER et al., 2003).

Também foi observado que os receptores *scavenger* que estão localizados nos monócitos e macrófagos reconhecem as moléculas de β -glucanos (RICE et al., 2002). Outro RRP que tem a capacidade reconhecer este PNA é o receptor de complemento (CR) 3. Este receptor é específico para o fragmento C3b, contudo apresenta um sítio de ligação em sua estrutura para os β -glucanos (XIA; ROSS, 1999). De acordo com o mesmo autor, este receptor é expresso nos neutrófilos, monócitos e células *natural killers* (células NK). A ativação do receptor CR3 gera fagocitose e citotoxicidade, e para sua ativação é necessário que estejam ligados a ele o fragmento C3b e um β -glucanos. Quando um o β -glucano apresentam alto peso molecular a sua ligação com CR3 dos neutrófilos e monócitos pode desencadear a secreção de citocinas (ROSS et al., 1999).

O reconhecimento dos β -glucanos por diferentes PAMPs, resulta na ativação de células imunes e conseqüentemente na produção de citocinas (CHAN; CHAN; SZE, 2009; FERREIRA et al., 2018). Neste sentido, 14 cães foram suplementados com 1% de β -glucanos provenientes da cevada durante 71 dias (FERREIRA et al., 2018). Foram avaliadas as concentrações séricas de IL-4 e IFN- γ durante os dias 0, 57 e 71, que correspondiam à coleta de sangue antes da suplementação de β -glucano, e aos 7 e 14 dias após a primeira e segunda dose de vacinação

(Pneumodog®, Merial, Campinas, Brasil), respectivamente. A vacinação dos animais foi proposta como uma forma de desafio para a resposta imune. Os resultados demonstraram que dieta suplementada resultou em menor número de hemácias, porcentagem de hematócrito e concentração de hemoglobina 21 dias pós-vacinação, bem como menor concentração sérica de interleucina-4 sete dias pós-vacinação. O mesmo efeito não foi observado após a administração da segunda dose da vacina. Não foram encontradas quantidades detectáveis de INF γ nas amostras de soro dos animais experimentais através da metodologia utilizada.

Os autores relatam que o padrão de produção da IL-4 durante o ensaio pode ser explicado pela forma de aplicação da vacina. A administração subcutânea de antígenos pode gerar precipitados de difícil dissolução no local aplicado (DENIS; ALAIN; PLOY, 2007). Desta forma, o antígeno liberado lentamente leva a uma ativação crônica dos linfócitos T que por sua vez aumenta a produção de IL-4. Como o estímulo no local é persistente, a produção da interleucina segue aumentando até que sensibilize uma resposta do tipo Th2, aumentando ainda mais a produção da IL-4 (FERREIRA et al. 2018). A baixa quantidade de INF γ nas amostras de soro pode ser explicado, pois a ativação de uma resposta crônica do Th2, pode inibir o desenvolvimento da resposta do Th1, caracterizado por uma maior concentração de INF γ (ABBAS; MURPHY; SHER, 1996).

Em outro ensaio com cães foi avaliado a ação dos β -1,3/1,6-glucanos de *Saccharomyces cerevisiae* na imunidade humoral em cães domésticos (STUYVEN et al., 2010). Quinze cães foram tratados de forma oral com comprimidos MacroGard, que contêm 150 mg deste β -glucano, diariamente durante 4 semanas. Os resultados demonstraram que ocorreu diminuição nos níveis séricos de imunoglobulina A (IgA), aumento nos níveis séricos de imunoglobulina M (IgM) e nenhuma efeito nas concentrações de imunoglobulina G (IgG) foram observadas. Esses resultados indicaram que o efeito do β -glucano foi induzido na mucosa intestinal. A dectina-1 e TLR2 presentes nos macrófagos e nas células dendríticas podem desencadear a produção de citocinas, como como TNF- e IL-12 (CERUTTI; RESCIGNO, 2008). A produção de citocinas direciona a resposta imune para as células T-helper 1 (Th1) enquanto as células Th2 tem produção e secreção de IgA facilitada (GANTNER et al., 2003).

2.2.5 Butirato de Cálcio (BC)

Dentre os aditivos utilizados na nutrição animal, os ácidos orgânicos são caracterizados por apresentarem o grupamento carboxila na molécula, serem solúveis em água e serem

considerados um ácido fraco (SCAPINELLO et al., 1998). Devido a presença do grupo carboxila, podem ser chamados de ácidos carboxílicos, e estão presentes em plantas ou tecidos animais, podendo ser encontrados de forma natural ou formados a partir de processos fermentativos (GRECCO, 2014). Os mais comuns são aqueles de cadeia curta (C1-C6), como os ácidos fórmico, láctico, propiônico, butírico, cítrico e seus sais, e a sua ação no organismo é constituída por redução do pH da digesta, estimulando a secreção de enzimas digestivas, promovendo a integridade intestinal e regulando as populações microbianas intestinais (CHOWDHURY et al., 2021).

O ácido butírico é um dos AGCC produzidos pela fermentação de compostos de origem vegetal no colón (GUILLOTEAU et al., 2010). Além do butirato, a fermentação da fibra e do amido resistente no IG produzem o ácido acético e o propiônico. O ácido butírico também pertence a classe dos ácidos carboxílicos e possui uma cadeia com quatro carbonos. A molécula de hidrogênio presente no grupamento hidroxila possui uma fraca ligação, sendo substituível, assim, quando em solução, o ácido butírico perde o H^+ e forma o butirato.

Recentes pesquisas têm demonstrado que os AGCC podem ser uma opção para a substituição dos antibióticos utilizados no sistema de produção animal (ADIL et al., 2011; CHAMBA et al., 2014; VINUS; TEWATIA, 2017). O butirato exerce efeitos significativos sobre a proliferação, crescimento e diferenciação das células da mucosa intestinal, devido a sua capacidade de influenciar a expressão gênica e a síntese de proteínas (GÜMÜŞ et al., 2020). Chamba et al. (2014), realizaram um experimento com a inclusão de Butirato de Sódio (BS) para frangos de corte. Os resultados demonstraram que os comprimentos relativos ao jejuno e ao intestino delgado das aves (aos 14 dias) alimentadas com o butirato foram maiores em relação ao controle. O mesmo padrão foi reportado pelos autores com relação as vilosidades jejunais.

Resultados semelhantes foram encontrados em leitões quando foram suplementados com butirato (EGORIN et al., 1999). Autores relatam que até quando é infundido no cólon, este aditivo apresenta poder trófico nas células epiteliais ileais e jejunais, indiretamente, por meio de um mecanismo neuro-hormonal (SAKATA, 1987; FRANKEL et al., 1994). O butirato pode ser utilizado como fonte de energia pelos colonócitos, esse processo ocorre através da ativação da sinalização $PPAR\gamma$, para conduzir o metabolismo dos colonócitos de superfície em direção à β -oxidação mitocondrial de ácidos graxos, o que é importante para manter a hipóxia epitelial (LITVAK; BYNDLOSS; BÄUMLER, 2018). Segundo Guilloteau et al. (2010) o butirato é

completamente oxidado em CO₂, e é capaz de aumentar a lipogênese através da síntese de compostos como acetil-CoA ou corpos cetônicos pela via da hidroxil-metil-glutaril-CoA.

As formas salinas do ácido butírico são preferidas na nutrição animal devido ao forte odor deste aditivo (GÜMÜŞ et al., 2020). Assim, o BC também é muito utilizado na alimentação animal, sendo considerado fonte de energia para os enterócitos, ocasionando melhora no desenvolvimento das vilosidades (EL-WAHAB et al., 2019). Além disso, o BC também é reconhecido por ocasionar a redução do pH da mucosa intestinal proporcionando o melhor crescimento de bactérias comensais (AHSAN et al., 2016; EL-WAHAB et al., 2019). Quando o pH está acima de 5,0, bactérias patogênicas se multiplicam com facilidade, em contrapartida, quando o pH se encontra entre 3,5 e 4,0 as bactérias tidas como benéficas apresentam desenvolvimento favorecido (BLANCHARD, 2000).

2.2.5.1 Consumo e Digestibilidade

Acredita-se que o butirato, dentre o acetato e propionato, apresenta uma maior capacidade de permanecer na forma não dissociada e, dessa maneira, favorece os microrganismos benéficos enquanto controla os patogênicos (KESSLER, 2005; MACHINSKY et al 2010). Para testar a veracidade deste fato, Machinsky et al. (2010), estudaram o efeito do butirato de sódio (BS) associado a fitase na dieta de suínos em fase de crescimento. Os animais foram alimentados com dietas que diferiram apenas na concentração de cálcio (0,5 ou 0,72%), na inclusão de ácido butírico (0 ou 0,3% de BS 84%, equivalente a 0,2% de ácido butírico) e na inclusão de fitase de origem microbiana derivada de *Escherichia coli*. Como resultado não foi detectado diferenças entre a digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta e metabolizável para nenhum dos fatores estudados. Contudo, a inclusão do BS apresentou uma tendência ($P < 0,06$) sobre a digestibilidade aparente da proteína bruta, que aumentou. Os autores explicam que esta alteração na digestibilidade da PB pode ocorrer devido ao aumento da acidez no estômago, tornando as enzimas proteolíticas mais ativas.

Avaliou-se a influência da suplementação de dietas milho-soja de frangos de corte com a suplementação de soro de leite em pó (WP), BC revestido de gordura (PINEDA-QUIROGA et al., 2017). Os pesquisadores relataram que tanto a inclusão de WP quanto o BC limitaram o crescimento dos frangos em razão da diminuição do consumo. Contudo, quando utilizados juntos, os aditivos aumentaram o peso dos animais, assim como aumentaram o consumo, é relatado que a presença do WP, mascarou o forte odor do BC e tornou a dieta mais palatável.

Percebeu-se que a suplementação de BC aumentou significativamente a digestibilidade aparente da MS, PB, do cálcio (Ca) e do fósforo (P), enquanto a suplementação de WP só apresentou aumento na digestibilidade de Ca e P. Quando houve suplementação com BC e WP notou-se aumento significativo da digestibilidade aparente da MS, PB, do cálcio (Ca) e do fósforo (P). De acordo com os autores estes resultados indicam que a adição de WP protegeu a mucosa duodenal e aumentou a digestibilidade dos nutrientes quando BC também foi adicionado. Esses efeitos favoráveis também podem explicar a melhora no peso dos frangos de corte. Além disso, Qaisrani et al. (2015), relataram que a suplementação com butirato pode aumentar a digestibilidade da proteína por melhorar o epitélio absorptivo dos animais, que por consequência aumentará absorção de proteína.

Outro experimento utilizando frangos de corte, foi testado a interação entre o tamanho de partícula (fino ou grosso), suplementação de carboidratos fermentáveis (FC) (com ou sem) e suplementação de BA (ácido butírico) (com ou sem) em uma dieta pouco digerível à base de farelo de colza (RSM) (QAISRANI et al. 2015). Para isto, frangos de corte foram divididos em 8 tratamentos (partícula fina sem FC; partícula fina com FC; partícula fina sem BA, partícula fina com BA; partícula grossa sem FC; partícula grossa com FC; partícula grossa sem BA, partícula grossa com BA) e um tratamento à base de farelo de soja serviu como controle positivo. Houve efeito significativo com a inclusão do BA no ganho de peso corporal e na taxa de conversão alimentar (CA) em todo o período experimental. Os animais apresentaram ganho de peso corporal 4 a 7% maior e CA de 3 a 5% melhor. Estes resultados corroboram com diversos outros trabalhos que utilizaram o butirato na alimentação de frangos de corte (POURAZIZ; SHAHRYAR; CHEKANI-AZAR, 2013; ADIL et al., 2010; ANTONGIOVANNI et al., 2007). Não foi observado diferenças significativas nos tratamentos experimentais na atividade da protease no proventrículo. Contudo, percebeu-se uma tendência da suplementação de BA para aumentar a atividade da protease no proventrículo ($P = 0,056$). Como explicação a melhora dos parâmetros produtivos os autores relatam que a suplementação com BA, melhora os parâmetros histológicos, aumentando a área de absorção intestinal (QAISRANI et al. 2015).

Liu et al. (2017), realizaram dois experimentos que testavam compostos a base de BS. No primeiro experimento foi utilizado três produtos (CMA, CMP e CMS) que foram encapsulados e possuíam diferentes tempos de liberação variados: 2 h de liberação (CMA), 3 - 4 h de liberação (CMP) e mais de 5 h de liberação (CMS). O desenho experimental consistiu em 8 tratamentos: controle não desafiado, controle desafiado, CMA (500 ppm e 1.000 ppm),

CMP (500 ppm e 1.000 PPM) e CMS (500 ppm e 1.000 ppm). Para este experimento foi relatado que há uma tendência crescente de crescimento ao adicionar BS na dieta em comparação com o tratamento controle. Os autores relataram que os compostos CMA a 500 ppm e CMP a 1.000 ppm, resultaram em uma melhor altura de vilosidades em comparação aos demais tratamentos. Estes mesmos compostos, ambos na dose de 500 ppm, apresentaram melhor digestibilidade ileal para a energia bruta. Os mesmos resultados foram encontrados para o segundo experimento no qual um total de 1.080 frangos de corte foram submetidos a 5 tratamentos controle, CMA (500 ppm e 1.000 ppm) e CMP (500 ppm e 1.000 ppm) com 9 repetições para cada tratamento dietético.

Com relação a animais de companhia, somente um trabalho foi encontrado na literatura que utiliza o butirato revestido como aditivo na dieta de cães. A suplementação de butirato foi através do composto Adimix, que foi incluído na concentração de 0,5%, este composto continha 30% de BS, portanto a inclusão final na dieta dos cães de butirato foi de 0,117%. A adição de butirato revestido à dieta de cães não apresentou relevância sobre os coeficientes de digestibilidade (HESTA; ARNOOTS; JANSSENS, 2008). Contudo, os autores relatam que a falta de diferenças estáticas nos resultados não significa que não houve ação da inclusão do butirato no organismo animal, pois 95-99% dos AGCC produzidos são rapidamente absorvidos no IG (NRC, 2006; HESTA; ARNOOTS; JANSSENS, 2008). Percebe-se através deste levantamento bibliográfico que há necessidade de realizar mais estudos a respeito da interação entre as fontes de butirato e o metabolismo de animais de companhia.

2.2.5.2 Escore Fecal

Huang et al. (2015), tinham como principal objetivo avaliar a redução da incidência de diarreia em leitões. Para isto, leitões foram alimentados com três diferentes tratamentos que eram compostos de um alimento controle milho-farinha de soja sem antibióticos [controle negativo (NC)]; um alimento semelhante com 50 mg de kitasamicina/kg, 20 mg de sulfato de colistina/kg e 1000 mg de BS encapsulado/kg [antibióticos reduzidos + BS (ABS)]; e um alimento com 100 mg de kitasamicina/kg e 40 mg de sulfato de colistina/kg [controle positivo (PC)]. A consistência fecal foi avaliada visualmente às 09:00 e 16:00 h todos os dias por observadores que desconheciam os tratamentos com o uso de uma modificação do método descrito por Ma et al. (2012). As excretas frescas foram classificadas usando a seguinte escala: 0 = sólido, 1 = semi-sólido, 2 = semilíquido e 3 = líquido. A ocorrência de diarreia foi definida

como produção de fezes de grau 2 ou 3 em 2 dias contínuos. Para os tratamentos ABS e PC houve redução da incidência de diarreia em relação ao controle, contudo não houve diferenças significativas entre os dois tratamentos mencionados.

Estes resultados corroboram com Silva et al. (2020) que alimentaram leitões com BC e não notaram diferenças com o tratamento controle (colistina). Segundo os autores, a redução na incidência de diarreia ocorreu devido à mudança no microbioma dos animais. Contudo, outros parâmetros estudados na pesquisa também podem ter exercido efeito sobre a diminuição da diarreia como a diminuição da permeabilidade do intestino delgado, aumento da expressão de ocludinas intestinais, ocasionando menos inflamação intestinal (HUANG et al. 2015).

No tópico anterior, foi relatado que a presença de produtos da fermentação pode alterar a osmolaridade do meio e conseqüentemente atrair mais água para o IG, acarretando a diminuição do escore fecal (VERNIA et al., 1988). Contudo, a inclusão de 0,117% de butirato na dieta cães não teve efeito sobre o escore de consistência fecal, o teor de matéria seca e produção fecal. Nos trabalhos levantados, com animais de produção, sobre a inclusão de butirato (BS ou BC), não foram relatadas informações referentes a consistência e quantidade das fezes dos animais. Por esse motivo fica evidente que mais estudos devem ser realizados para elucidar o efeito do butirato sobre o escore fecal.

2.2.5.3 Produtos da Fermentação

O butirato é um aditivo que favorece a saúde intestinal de várias espécies de animais, principalmente por propriedades anti-inflamatórias, aumenta a integridade do epitélio intestinal e provoca mudanças benéficas na composição da microbiota (OCEJO et al., 2017). El-Wahab et al. (2019), avaliaram o efeito do BC na alimentação de codornas japonesas. Os autores submeteram codornas a 4 tratamentos, sendo, o controle, e suplementação com BC a 0,3, 0,5 e 0,7 g/Kg de dieta. Foi observado que após 7 dias de alimentação, as codornas alimentadas com 0,7 g/Kg apresentaram maior peso corporal e menor taxa de conversão alimentar em comparação os demais tratamentos. Apesar de não ser observado lesões em nenhum dos tratamentos, foi observado crescimento das vilosidades e aumento da profundidade das criptas em todos os tratamentos que continham butirato, vale ressaltar, que não houve diferenças estatísticas entre as doses do aditivo. Os autores relatam que o aumento na performance zootécnica dos animais ocorre devido ao butirato aumentar a superfície absorptiva do intestino delgado, e estimular a secreção do pâncreas exócrino.

Os autores mencionados anteriormente, também avaliaram o pH intestinal dos animais. Em todos os tratamentos que houve introdução do butirato na dieta ocorreu redução significativa do pH duodenal. Contudo, a inclusão de 0,7 g/Kg de butirato, demonstrou melhores resultados em comparação aos demais tratamentos. Nesse sentido, o pH intestinal exerce grande influência sob parâmetros de absorção e no microbioma intestinal (HAJATI; REZAEI, 2010) Os autores concluem que a redução do pH duodenal pode atuar como ferramenta para indicar a saúde intestinal ideal e a absorção máxima de nutrientes. Também foi observado que após duas semanas do início do experimento as doses de 0,5 e 0,7 g/Kg de butirato reduziram significativamente a concentração de *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*.

Em um trabalho mencionado anteriormente, Pineda-Quiroga et al. (2017) relataram que a inclusão do BC associado a WB reduziu o pH intestinal, aumentou a altura das vilosidades, a razão entre a altura das vilosidades e a profundidade da cripta, a área de superfície das vilosidades, e aumentou *Bifidobacterium spp.*. Também em outro trabalho mencionado acima, Qaisrani et al. (2015), demonstraram que a os tratamentos que continham grãos maiores apresentou menor pH na moela de frangos, contudo a espessura do grão foi o único fator significativo quando comparado suplementação de carboidratos fermentáveis (FC) e suplementação de BA. Seguindo o mesmo padrão, as concentrações de AGCC e AGCR não foram influenciadas pela presença de FC ou BA. Contudo, quando frangos de corte foram alimentados com uma dieta mais grossa tiveram uma porcentagem menor de ácido isovalérico e AGCR total. Ocorreu uma tendência da suplementação de BA reduzir a concentração cecal de cadaverina, e segundo os autores essa tendência pode ser justificada devido à uma diminuição no número de *Clostridium perfringens* que aparentemente estão envolvidos na fermentação de proteínas (QAISRANI et al. 2015; HAJATI; REZAEI, 2010;).

Mallo et al. (2012) realizaram três experimentos com suínos a fim de comparar como 2 formas de proteção do ácido butírico (BA) (sódio encapsulado em gordura vegetal [BSE] e monoglicerídeo de ácido butírico [MB]) afetam sua liberação ao longo do trato gastrointestinal (TGI) de leitões. No primeiro experimento foram utilizados 528 leitões, desmamados aos 21 dias de idade e distribuídos em 3 dietas por 39 dias. As 3 dietas foram inicial I e inicial II (Com); Com + BSE (6 kg/t em ambos os alimentos inicial I e inicial II); e Com + MB (2 kg/t no alimento inicial I e 0 kg/t no alimento inicial II). Neste estudo, foram medidos apenas os parâmetros zootécnicos e foi constatado que os animais alimentados com Com e Com+BSE apresentaram

maiores ganhos médios diários e maiores pesos corporais ao fim dos 39 dias em comparação com o Com+MB (MALLO et al., 2012).

No segundo ensaio 32 leitões também desmamados aos 21 dias de vida receberam um programa pós-desmame padrão com a inclusão de BSE (2 kg/t) ou com MB (2 kg/t), foram avaliados os parâmetros zootécnicos, mas ao final do experimento, 1 animal por baia foi eutanasiado e as concentrações de BA e AGV no duodeno, jejuno, íleo, cólon e ceco foram quantificadas. Não foram constatadas diferenças significativas com relação a consumo de alimento, crescimento e conversão alimentar, contudo os animais alimentados com BSE apresentaram maiores concentrações de butirato ($p=0.0320$), ácido lático ($p=0.0277$) e AGCC totais ($p=0.0477$) no colón. Além disso, observou-se uma tendência ao aumento de ácido acético (0.0549) (MALLO et al., 2012).

O último experimento realizado por Mallo et al. (2012), foi um ensaio *in vitro* para determinar qual das duas fontes de butirato apresentava uma liberação facilitada no TGI de suínos. Foi demonstrado que maior proporção de BA pode ser liberada da fonte de BSE (157,2 g de BA/kg de produto após 7 h) do que do MB (56,4 g de BA/kg de produto após 7 h). Os autores concluíram que a suplementação com BSE apresenta melhores resultado quando comparado a MB, pois quando o BA está conjugado com um sal, a sua liberação ocorre mais facilmente.

Ao alimentar leitões com doses 0,1% de BC, Silva et al. (2020), perceberam uma maior concentração de propionato quando comparado ao grupo controle (40 ppm de colistina), contudo este mesmo tratamento não foi diferente em relação a concentração total de AGCC. Estes resultados corroboram com Callegari et al. (2016), que observaram sobre a suplementação com ácidos orgânicos em dietas de suínos, sejam estas de encapsulada ou como sal, modulam a produção de AGV no ceco de animais, apresentando maiores concentrações quando comparado ao controle. Apesar destes resultados, apresentarem uma influência significativa do BA na dieta de animais de produção, quando foi adicionado BC dieta de cães não houve diferenças significativas na produção de AGCC (HESTA; ARNOOTS; JANSSENS, 2008). Como este trabalho é o único encontrado com a suplementação de butirato na dieta de cães, mais projetos com este tipo de suplementação precisam ser desenvolvidos para compreender melhor como este aditivo influencia no metabolismo dos AGCC em cães.

2.2.5.3.1 Redução da amônia

Recentes trabalhos mostram que a adição de BS na dieta de aves vem reduzindo as concentrações de amônia presentes no sangue, fato que acarreta na redução do metabolismo da amônia no fígado e, por consequência, no intestino (LIU et al., 2022; SONG et al., 2017; FRIED et al., 2017). Liu et al., (2022) utilizaram uma técnica de fermentação *in vitro* para elucidar possíveis formas que o butirato consegue reduzir as concentrações cecal de amônia. Para isso foram coletadas amostras do conteúdo do ceco de aves, que serviram para simular a fermentação que ocorre *in vivo*. O experimento possuiu quatro tratamentos sendo o controle (CK), 0,10% (L), 0,15% (M) e 0,20% (H) de BS. Constatou-se que tanto nas primeiras 12h, quanto em 24h de processo de fermentação nos tratamentos que foram adicionados BS houve redução significativa de produção de gás NH₃ em comparação como o tratamento CK. Entre os grupos suplementados com BA também houve diferenças, sendo que os grupos M e H são estatisticamente iguais enquanto ambos apresentaram menor produção de gás quando comparados ao grupo L. Os autores concluíram que a adição de BS é uma forma de reduzir a produção de NH₃ dos microrganismos do ceco, e a adição de 0,20% de BS obteve resultados mais expressivos do que a adição de 0,10%.

Também houve redução do amônio (NH₄⁺) oriundo da solução fermentativa que continha BS, mas não houve diferença significativa entre o grupo M e o grupo H, indicando que o butirato de sódio 0,15% efetivamente diminuiu a emissão. Também não houve diferenças significativas quanto aos tratamentos com BS com relação ao nitrato (NO₃⁻), contudo a presença de NO₃⁻ foi estatisticamente maior nos tratamentos L, M e H, em relação ao tratamento CK (LIU et al., 2022). Existe um equilíbrio dinâmico no qual, em solução, o nitrogênio existia nas formas de amônio e nitrato (LIU et al., 2022; CORTUS et al., 2008), porém a adição do BS reduziu a concentração de amônia, enquanto aumentou a concentração de nitrato. Este fato pode ser explicado por Mai et al., (2021), que relatam sobre a existência de processos de conversão do amônio em nitrito (nitrificação) e a via oposta (desnitrificação) também pode ocorrer sob certas condições. Assim, Liu et al., (2022) indicam que a adição de butirato de sódio poderia promover fixação do nitrogênio no líquido de fermentação e reduzir o teor de nitrogênio livre no líquido de fermentação.

A composição de microrganismo foi alterada de forma a confirmar a redução da emissão de NH₃, diminuição da concentração em solução de NH₄⁺ e aumento de NO₃⁻, pois ocorreu aumento significativo do filo de Proteobactérias nos grupos L e M em comparação com o grupo

CK, e redução dos filos Verrucomicrobia (oxidam metano), Spirochaetota (está relacionado com bactérias patogênicas) nos grupos L e H em comparação com o grupo CK. É relatado na literatura que as proteobactérias representam o maior grupo de bactérias, e algumas das bactérias presentes nesse filo possuem a função de fixação de nitrogênio (LIU et al., 2022; RUDNICK et al., 1997). Liu et al. (2022) indicam que gênero *Lactobacillus* aumentou com os tratamentos que apresentam BS, além disso, os autores relatam correlação negativa entre este gênero e a com a produção de NH_3 . Com relação as bactérias produtoras de amônia, Liu et al., (2022), relata principalmente os gêneros *Escherichia*, *Shigella* e *Enterococcus*, sendo as bactérias (*Escherichia fergusonii*, *Escherichia marmotae*, *Shigella flexneri*, *Shigella sonnei* e *Enterococcus avium*). Este achado corrobora com Richardson et al., (2013), que informam que as principais bactérias produtoras de amônia são *Escherichia coli* e *Shigella castellani*.

Dentre as bactérias mencionadas acima *Escherichia fergusonii* (EF), *Escherichia marmotae* (EM) apresentaram alto poder de produção de NH_3 segundo Liu et al. (2022). Os tratamentos M e H reduziram a significativamente a produção de amônia, já para em todos os tratamentos com BS proporcionaram redução significativa na produção de NH_3 em comparação com o controle. Segundo os autores, a diminuição na produção de amônia está relacionada ao poder de regulação do BS sobre os genes produtores de amônia presente nestas bactérias (LIU et al., 2022).

Os resultados citados acima corroboram com Wang et al., (2016), que também utilizaram fezes de galinhas poedeiras como substratos para fermentação *in vitro*. Neste estudo, foram utilizados um controle (sem BS) e três grupos experimentais adicionados de 10 (BS10), 15 (BS15) e 20 (BS20) mg de BS, respectivamente. Os autores constaram redução nas concentrações do gás NH_3 em 8,2, 23 e 23% para os tratamentos BS10, BS15, BS20 respectivamente, contudo somente os tratamentos BS15 e BS20 fora estatisticamente diferente do controle. O mesmo ocorreu para as concentrações de amônio produzidas pelas soluções fermentativas, ocorreu redução nas concentrações 6,3% BS10, 14,4% BS15 e 13,7% BS20, contudo apenas BS15 e BS20 fora estatisticamente diferente do controle.

Neste experimento também foram mensurados a quantidade de AGV, e foi constatado que a suplementação com BS resultou no aumento significativo de acetato, butirato, isobutirato e AGV totais (WANG et al., 2016). Com relação ao acetato, o tratamento BS10 foi semelhante ao controle enquanto os demais tratamentos apresentaram maior produção, mas não diferiram entre si. Todos os grupos suplementados com BS diferiram do controle quando foi observado a produção de butirato, contudo o tratamento BS20 obteve maior valor significativo do que os

demais grupos com BS. Levando em consideração a produção de isobutirato, apenas o valor apresentado no tratamento BS20 foi significativamente maior que o valor apresentado no tratamento controle. Para o isovalerato, os tratamentos BS10 e BS20 foram significativamente mais eficientes na produtivos em comparação aos outros tratamentos. Por fim, o mesmo padrão encontrado no isovalerato pode ser utilizado para interpretar os dados de AGV totais.

Wang et al. (2016), demonstraram que a inclusão de BS aumento bactérias do filo Bacteroidetes como *Bacteroides* e *Faecalibacterium* e reduzem a classe bacteriana dos filios Firmicutes e Proteobacteria, como *Desulfovibrio*, *Helicobacter* e *Campylobacter*. Os autores relatam que tanto o gênero *Bacteroides*, bactérias gram-negativas que utilizam como substrato principalmente carboidratos para obter energia, quanto o gênero *Faecalibacterium*, bactérias produtoras de butirato, são benéficas para o organismo. Já a bactéria *Helicobacter pylori* (HP) é responsável pela conversão da glutamina em glutamato e amônia (WANG et al., 2016; RICCI, 2014). As espécies de bactérias *Campylobacter* são responsáveis por catalisar a reação de conversão da L-serina em piruvato e amônia (WANG et al., 2016; VELAYUDHAN et al., 2004) Desta forma, os autores concluem que um dos mecanismos pelos quais o butirato de sódio mitiga a produção de amônia é alterando as populações microbianas para favorecer os carboidratos e suprimir a fermentação nitrogenada.

REFERÊNCIAS

ABDEL-TAWWAB, M. et al. Effects of yucca, *Yucca schidigera*, extract and/or yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, as water additives on growth, biochemical, and antioxidants/oxidant biomarkers of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 533, n. 1, p. 736122, 2021.

ABDUL RAHIM, M. B. H. et al. Diet-induced metabolic changes of the human gut microbiome: importance of short-chain fatty acids, methylamines and indoles. **Acta Diabetologica**, v. 56, n. 5, p. 493-500, 2019.

ADEBOWALE, T. O.; YAO, K.; OSO, A. O. Major cereal carbohydrates in relation to intestinal health of monogastric animals: A review. **Animal Nutrition**, v. 5, n. 4, p. 331-339, 2019.

ADIL, S. et al. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. **Veterinary Medicine International**, v. 2010, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4061/2010/479485>. Acesso em: 05 dez. 2022.

ADIL, S. et al. Response of broiler chicken to dietary supplementation of organic acids. **Journal of Central European Agriculture**, v. 12, n. 3, p. 498-508, 2011.

AHSAN, U. et al. Sodium butyrate in chicken nutrition: the dynamics of performance, gut microbiota, gut morphology, and immunity. **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 2, p. 265-275, 2016.

AIYUK, S. et al. Removal of ammonium nitrogen from pretreated domestic sewage using a natural ion exchanger. **Environmental Technology**, v. 25, n. 11, p. 1321-1330, 2004.

ALAGAWANY, M. et al. Dietary supplementation of *Yucca schidigera* extract enhances productive and reproductive performances, blood profile, immune function, and antioxidant status in laying Japanese quails exposed to lead in the diet. **Poultry Science**, v. 97, n. 9, p. 3126-3137, 2018.

ALAGAWANY, M., et al. Effect of Resveratrol, Cinnamaldehyde and their Combinations on the Antioxidant Defense System and ATP Release of Rabbit Erythrocytes: In vitro Study. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 12, p. 1-9, 2016.

ALSHAWAQFEH, M. et al. A dysbiosis index to assess microbial changes in fecal samples of dogs with chronic inflammatory enteropathy. **FEMS microbiology ecology**, v. 93, n. 11, p. 136, 2017.

Alimentos morfológicas no intestino delgado de leitões desmamados. Figura 3 – Estrutura da mucosa intestinal. Disponível em: https://www.3tres3.com.pt/artigos/alterac%C3%B5es-morfológicas-no-intestino-delgado-de-leit%C3%B5es-desmamados_9627/. Acesso em: 5 dez 2022

AMBER, K.; YAKOUT, H.; HAMED RAWYA, S. Effect of feeding diets containing yucca extract or probiotic on growth, digestibility, nitrogen balance and caecal microbial activity of

growing New Zealand white rabbits. *In: WORLD RABBIT CONGRESS*, 8, 2004, Puebla. **Anais [...]**. Puebla, 2004. p. 7-10.

AMON, M. et al. A farm scale study on the use of De-Odorase® for reducing odour and ammonia emissions from intensive fattening piggeries. **Bioresource Technology**, v. 51, n. 2-3, p. 163-169, 1995.

ANDREESSEN, J. R., BAHL, H.; GOTTSCHALK, G. (1989). Introduction to the physiology and biochemistry of the genus *Clostridium* in *Clostridia*. Biotechnology Handbooks 3. Edited by N. P. Minton & D. L. Clarke. New York: Plenum. p. 27 – 62. 1989.

ANTONGIOVANNI, M. et al. Butyric acid glycerides in the diet of broiler chickens: effects on gut histology and carcass composition. **Italian Journal of Animal Science**, v. 6, n. 1, p. 19-25, 2007.

ASHOUR, E. et al. Effect of supplementation of *Yucca schidigera* extract to Growing rabbit diets on growth performance, carcass characteristics, serum biochemistry and liver oxidative status. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, n. 11, p. 732-742, 2014.

ASPLUND, R.; GOODALL, S. Urease inhibition by extracts and extract fractions from species of the plant genus *Yucca*. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. Suppl 1, p. 113, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. (ABINPET). **Mercado pet Brasil**. 2022. Disponível em: <http://abinpet.org.br/mercado/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ABINPET). **Manual Pet Food Brasil**. 2019. Disponível em: <https://abinpet.org.br/manual-pet-food-brasil-10-edicao/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

BARRY, K. A. et al. Dietary cellulose, fructooligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and microbial populations in adult cats. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 9, p. 2978-2987, 2010.

BERCHIELLI, T.T.; GARCIA, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição**. *In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G (Eds.). Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FAPESP, 2006. p.397-421.

BHAT, A. A. et al. Tight junction proteins and signaling pathways in cancer and inflammation: A functional crosstalk. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 1942, 2019.

BHATTACHARYA, S. et al. A bistable switch underlying B-cell differentiation and its disruption by the environmental contaminant 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. **Toxicological Sciences**, v. 115, n. 1, p. 51-65, 2010.

BINGHAM, R. *Yucca* plant saponin in the management of arthritis. **Journal of Applied Nutrition**, v. 17, p. 15 -51, 1975.

BINGHAM, R.; HARRIES, D. H.; LAGA, T. Yucca plant saponin in the treatment of hypertension and hypercholesterolemia. **Journal of Applied Nutrition**, v. 30, p. 127-136, 1978.

BLOEMEN, J. G. et al. Short chain fatty acids exchange: Is the cirrhotic, dysfunctional liver still able to clear them? **Clinical Nutrition**, v. 29, n. 3, p. 365-369, 2010.

BOLANDI, N. et al. Performance, intestinal microbial population, immune and physiological responses of broiler chickens to diet with different levels of silver nanoparticles coated on zeolite. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 497-504, 2021.

BOONTIAM, W. et al. Hydrolyzed Yeast Supplementation to Newly Weaned Piglets: Growth Performance, Gut Health, and Microbial Fermentation. **Animals**, v. 12, n. 3, p. 350, 2022.

BRANDL, K. et al. Vancomycin-resistant enterococci exploit antibiotic-induced innate immune deficits. **Nature**, v. 455, n. 7214, p. 804-807, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 44, de 15 de novembro de 2015. Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 nov. 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/legislacao-1/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-sda-mapa-ndeg-44-de-15-12-2015.pdf/view>> Acesso: 12 ago. 2021.

BRESCIANI, F. et al. Effect of an extruded animal protein-free diet on fecal microbiota of dogs with food-responsive enteropathy. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 32, n. 6, p. 1903-1910, 2018.

BROWN, G. D.; GORDON, S. Fungal β -glucans and mammalian immunity. **Immunity**, v. 19, n. 3, p. 311-315, 2003.

BYRNE, C. et al. The role of short chain fatty acids in appetite regulation and energy homeostasis. **International Journal of Obesity**, v. 39, n. 9, p. 1331-1338, 2015.

ÇABUK, M. et al. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. **Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 10, p. 651-654, 2004.

CALLEGARI, M. A. et al. Microencapsulated acids associated with essential oils and acid salts for piglets in the nursery phase. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2193-2207, 2016.

CANI, P. D.; DEWEVER, C.; DELZENNE, N. M. Inulin-type fructans modulate gastrointestinal peptides involved in appetite regulation (glucagon-like peptide-1 and ghrelin) in rats. **British Journal of Nutrition**, v. 92, n. 3, p. 521-526, 2004.

CAO, L. et al. Preparation and characteristics of bentonite–zeolite adsorbent and its application in swine wastewater. **Bioresource Technology**, v. 284, p. 448-455, 2019.

CARCIOFI, A. C. Protein and carbohydrate ingredients for dogs and cats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 28-41, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300005>. Acesso em: 05 dez. 2022.

CARCIOFI, A. et al. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 2, 2009. Disponível em: <https://doaj.org/article/4e6264842e5b4fdaa53c82f267f40cb9>. Acesso em: 05 dez. 2022.

CARCIOFI, A. **Fisiologia digestiva de cães e gatos – Introdução**. Figura 5 - Dimensão do tamanho intestinal de cães e gatos. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/clinicacv/AULUSCAVALIERICARCIOFI/fisiologia-digestiva-caes-e-gatos-2017-resumido.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2022.

CARCIOFI, A. **Fisiologia digestiva de cães e gatos – Introdução**. Figura 6 - Dimensão do tamanho intestinal de cães e gatos. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/clinicacv/AULUSCAVALIERICARCIOFI/fisiologia-digestiva-caes-e-gatos-2017-resumido.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2022.

CEFALI, E. A. et al. Bioavailability of silicon and aluminum from Zeolite A in dogs. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 127, n. 2, p. 147-154, 1996.

CEFALI, E. A. et al. Pharmacokinetic Study of Zeolite A, Sodium Aluminosilicate, Magnesium Silicate, and Aluminum Hydroxide in Dogs. **Pharmaceutical Research: An Official Journal of the American Association of Pharmaceutical Scientists**, v. 12, n. 2, p. 270-274, 1995.

CEJALVO, J. M. et al. Clinical implications of the non-luminal intrinsic subtypes in hormone receptor-positive breast cancer. **Cancer Treatment Reviews**, v. 67, p. 63-70, 2018.

CEJALVO, T. et al. Remission of Spontaneous Canine Tumors after Systemic Cellular Viroimmunotherapy MSC-Carrying Oncolytic Viruses Achieve Clinical Efficacy. **Cancer Research**, v. 78, n. 17, p. 4891-4901, 2018.

CELASCO, G. et al. Calcium butyrate: Anti-inflammatory effect on experimental colitis in rats and antitumor properties. **Biomedical Reports**, v. 2, n. 4, p. 559-563, 2014.

CERUTTI, A.; RESCIGNO, M. The biology of intestinal immunoglobulin A responses. **Immunity**, v. 28, n. 6, p. 740-750, 2008.

CHAMBA, F. et al. Effect of partially protected sodium butyrate on performance, digestive organs, intestinal villi and *E. coli* development in broilers chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 13, n. 7, p. 390, 2014.

CHAN, G. C.-F.; CHAN, W. K.; SZE, D. M.-Y. The effects of β -glucan on human immune and cancer cells. **Journal of Hematology and Oncology**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.

CHEEKE, P.; OTERO, R. Yucca, quillaja may have role in animal nutrition. **Feedstuffs**, v. 77, n. 3, p. 1-7, 2005.

CHEN, F. et al. Dietary *Yucca schidigera* Extract supplementation during late gestating and lactating sows improves animal performance, nutrient digestibility, and manure ammonia emission. **Frontiers in Veterinary Science**, p. 665, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.676324>. Acesso em: 05 dez. 2022.

CHERRINGTON, C. A. et al. Short-chain organic acids at pH 5.0 kill *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. without causing membrane perturbation. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 70, n. 2, p. 161-165, 1991.

CHESWORTH, W. et al. Solubility of apatite in clay and zeolite bearing systems: Application to agriculture. **Applied Clay Science**, v. 2, n. 3, p. 291-297, 1987.

CHOWDHURY, M. A. K. et al. Effects of Microencapsulated Organic Acid and Their Salts on Growth Performance, Immunity, and Disease Resistance of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7791, 2021.

CHRENKOVÁ, M. et al. The effect of *Yucca schidigera* extract in diet of rabbits on nutrient digestibility and qualitative parameters in caecum. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 45, p. 83-88, 2012.

CLEMENTE, J. C. et al. The impact of the gut microbiota on human health: an integrative view. **Cell**, v. 148, n. 6, p. 1258-1270, 2012.

COLE, J. T. et al. Soybean hulls as a dietary fiber source for dogs. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 4, p. 917-924, 1999.

COOMBS, D. S. et al. Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the International Mineralogical Association, Commission of New Minerals and Mineral Names. **Mineralogical Society**, v. 4, p. 533-571, 1997.

CRAWLEY, S. W.; MOOSEKER, M. S.; TYSKA, M. J. Shaping the intestinal brush border. **Journal of Cell Biology**, v. 207, n. 4, p. 441-451, 2014.

CRITTENDEN, S. L. et al. A conserved RNA-binding protein controls germline stem cell in *Caenorhabditis elegans*. **Nature**, v. 417, n. 6889, p. 660-663, 2002.

CUMMINGS, J. H. et al. PASSCLAIM1—Gut health and immunity. **European Journal of Nutrition**, v. 43, n. 2, p. ii118-ii173, 2004.

DAS, T. K. et al. Saponin: Role in animal system. **Veterinary World**, v. 5, n. 4, p. 248-254, 2012.

DAVID, L. A. et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. **Nature**, v. 505, n. 7484, p. 559-563, 2014.

DAVIDSON, N. J. et al. T helper cell 1-type CD4⁺ T cells, but not B cells, mediate colitis in interleukin 10-deficient mice. **Journal of Experimental Medicine**, v. 184, n. 1, p. 241-251, 1996.

DAWOOD, M. A. O. et al. The regulatory roles of yucca extract on the growth rate, hepato-renal function, histopathological alterations, and immune-related genes in common carp exposed with acute ammonia stress. **Aquaculture**, v. 534, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736287>. Acesso em: 05 dez. 2022.

DE ANGELIS, M. et al. Effect of whole-grain barley on the human fecal microbiota and metabolome. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 81, n. 22, p. 7945-7956, 2015.

DE NADAI FERNANDES, E. A. et al. Trace element measurement for assessment of dog food safety. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 3, p. 2045-2050, 2018.

DE RIDDER, L. et al. Effect of a DIVA vaccine with and without in-feed use of coated calcium-butyrate on transmission of *Salmonella Typhimurium* in pigs. **BMC Veterinary Research**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2013.

DELMÉE, E. et al. Relation between colonic proglucagon expression and metabolic response to oligofructose in high fat diet-fed mice. **Life sciences**, v. 79, n. 10, p. 1007-1013, 2006.

DEN BESTEN, G. et al. The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. **Journal of lipid research**, v. 54, n. 9, p. 2325-2340, 2013.

DENIS, F.; ALAIN, S.; PLOY, M.-C. Nouvelles voies d'administration. **Medecine/Sciences**, v. 23, p. 379-385, 2007.

DESSEIN, R. et al. Toll-like receptor 2 is critical for induction of Reg3b expression and intestinal clearance of *Yersinia pseudotuberculosis*. **Gut**, v. 58, n. 6, p. 771-776, 2009.

DONGOWSKI, G. et al. Dietary fiber-rich barley products beneficially affect the intestinal tract of rats. **Journal of Nutrition**, v. 132, n. 12, p. 3704-3714, 2002.

DOS REIS, J. S. et al. Inclusion of *Yucca schidigera* extract in diets with different protein levels for dogs. **Animal Science Journal**, v. 87, n. 8, p. 1019-1027, 2016.

DRZIKOVA, B.; DONGOWSKI, G.; GEBHARDT, E. Dietary fibre-rich oat-based products affect serum lipids, microbiota, formation of short-chain fatty acids and steroids in rats. **British Journal of Nutrition**, v. 94, n. 6, p. 1012-1025, 2005.

DU, L. et al. Removal performance of antibiotics and antibiotic resistance genes in swine wastewater by integrated vertical-flow constructed wetlands with zeolite substrate. **Science of the Total Environment**, v. 721, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137765>. Acesso em: 05 dez. 2022.

DUFFY, C. F. et al. Effects of dietary supplementation with *Yucca schidigera* Roetzl ex Ortgies and its saponin and non-saponin fractions on rat metabolism. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 7, p. 3408-3413, 2001.

DUNCAN, S. H. et al. The role of pH in determining the species composition of the human colonic microbiota. **Environmental Microbiology**, v. 11, n. 8, p. 2112-2122, 2009.

EGORIN, M. J. et al. Plasma pharmacokinetics of butyrate after intravenous administration of sodium butyrate or oral administration of tributyrin or sodium butyrate to mice and rats. **Cancer Chemotherapy and Pharmacology**, v. 43, n. 6, p. 445-453, 1999.

EL KHOURY, D. et al. Beta glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome. **Journal of nutrition and metabolism**, v. 2012, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2012/851362>. Acesso em: 05 dez. 2022.

ELLENBERGER, M. et al. Evaluation of the extent of ruminal urease inhibition by sarsaponin and sarsaponin fractions. **Journal Animal Science**, v. 61, n. Suppl 1, p. 491-498, 1985.

ELLIOT, A. D.; ZHANG, D. Controlled release zeolite fertilisers: a value-added product produced from fly ash. 1 ed. Australia: **Curtin University of Technology**. 2005. 32 p.

ELSDEN, S. R.; HILTON, M. G. Volatile acid production from threonine, valine, leucine and isoleucine by clostridia. **Archives of Microbiology**, v. 117, n. 2, p. 165-172, 1978.

ELSDEN, S. R.; HILTON, M. G.; WALLER, J. M. The end products of the metabolism of aromatic amino acids by Clostridia. **Archives of Microbiology**, v. 107, n. 3, p. 283-288, 1976.

EL-WAHAB, A. et al. Effect of dietary supplementation of calcium butyrate on growth performance, carcass traits, intestinal health and pro-inflammatory cytokines in Japanese quails. **Journal Animal Physiology Animal Nutrition**, v.103, n. 6, p. 1768-1775, 2019.

EL-WAHAB, A., et al. Effect of dietary supplementation of calcium butyrate on growth performance, carcass traits, intestinal health and pro-inflammatory cytokines in Japanese quails. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 103, n. 6, p. 1768-1775, 2019.

ENGLERT, A. H.; RUBIO, J. Characterization and environmental application of a Chilean natural zeolite. **International Journal of Mineral Processing**, v. 75, n. 1-2, p. 21-29, 2005.

EPHRAIM, E.; COCHRANE, C.-Y.; JEWELL, D. E. Varying protein levels influence metabolomics and the gut microbiome in healthy adult dogs. **Toxins**, v. 12, n. 8, p. 517, 2020.

ERDOGAN, Z.; ERDOĞAN, S.; KAYA, Ş. Yucca ekstraktının bildircinlarda besi performansı ile bazı biyokimyasal ve hematolojik parametreler üzerine etkisi. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 48, n. 3, p. 231-236, 2001.

EUROMINTOR. **Dog Food in Brazil**. 2021. Disponível em: <https://www.euromonitor.com/dog-food-in-brazil/report>. Acesso em: 30 nov. 2021

FAGHIHIAN, H.; KAZEMIAN, H.; MARAGHEH, M. G. Iranian clinoptilolite-rich tuffs for radionuclide removal from water. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 242, n. 2, p. 491-495, 1999.

FAGHIHIAN, H.; MARAGEH, M. G.; KAZEMIAN, H. The use of clinoptilolite and its sodium form for removal of radioactive cesium, and strontium from nuclear wastewater and

Pb²⁺, Ni²⁺, Cd²⁺, Ba²⁺ from municipal wastewater. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 50, n. 4, p. 655-660, 1999.

FAHEY JR, G. C.; BARRY, K. A.; SWANSON, K. S. Age-related changes in nutrient utilization by companion animals. **Annual Review of Nutrition**, v. 28, p. 425-445, 2008.

FARAG, M. R. et al. Alleviative effect of some phytochemicals on cyadox-induced oxidative damage in rabbit erythrocytes. **Japanese Journal of Veterinary Research**, v. 64, n. 3, p. 171-182, 2016.

FÉLIX, A. P. et al. Suplementação de mananoligossacarídeos (MOS) e uma mistura de aluminossilicatos na qualidade das fezes de cães adultos. **Archives of Veterinary Science**, v. 14, n. 1, 2009.

FÉLIX, A.; OLIVEIRA, S.; MAIORKA, A. **Fatores que interferem no consumo de alimentos em cães e gatos**. In: VIEIRA, S.L. Consumo e preferência alimentar dos animais domésticos. Londrina: Phytobiotics Brasil, 2010. Cap.1, p.162-202.

FERREIRA, L. G. et al. Oat beta-glucan as a dietary supplement for dogs. **PLOS one**, v. 13, n. 7, p. e0201133, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201133>. Acesso em: 05 dez. 2022.

FLICKINGER, E. et al. Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected by fructan supplementation of dog diets. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 8, p. 2008-2018, 2003.

FÖLDEŠIOVÁ, M. et al. *Yucca schidigera* can promote rabbit growth, fecundity, affect the release of hormones in vivo and in vitro, induce pathological changes in liver, and reduce ovarian resistance to benzene. **Animal Reproduction Science**, v. 183, p. 66-76, 2017.

FONSECA, M. L. A.; VASCONCELLOS, A. S. Can Dogs' Origins and Interactions with Humans Affect Their Accomplishments? A Study on the Responses of Shelter and Companion Dogs during Vocal Cue Training. **Animals**, v. 11, n. 5, p. 1360, 2021.

FRANCIS, G. et al. The biological action of saponins in animal systems: A review. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 6, p. 587-605, 2002.

FRANCO, M. C. et al. Use of zeolite, bentonite and *Yucca schidigera* on the faecal characteristics of dogs. **Archives of Veterinary Science**, v. 23, n. 1, p. 17-18, 2018. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193186155>. Acesso em: 05 dez. 2022.

FRANKEL, W. L. et al. Mediation of the trophic effects of short-chain fatty acids on the rat jejunum and colon. **Gastroenterology**, v. 106, n. 2, p. 375-380, 1994.

FRIED, D. E. et al. Ammonia modifies enteric neuromuscular transmission through glial γ -aminobutyric acid signaling. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 313, n. 6, p. G570-G580, 2017.

FROST, G. et al. The short-chain fatty acid acetate reduces appetite via a central homeostatic mechanism. **Nature Communications**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2014.

FUNATAKE, C. J. et al. Cutting edge: activation of the aryl hydrocarbon receptor by 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin generates a population of CD4⁺ CD25⁺ cells with characteristics of regulatory T cells. **The Journal of Immunology**, v. 175, n. 7, p. 4184-4188, 2005.

FUNATAKE, C. J.; MARSHALL, N. B.; KERKVLIT, N. I. 2, 3, 7, 8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin alters the differentiation of alloreactive CD8⁺ T cells toward a regulatory T cell phenotype by a mechanism that is dependent on aryl hydrocarbon receptor in CD4⁺ T cells. **Journal of Immunotoxicology**, v. 5, n. 1, p. 81-91, 2008.

GALFI, P.; BOKORI, J. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n-butyrate. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 38, n. 1-2, p. 3-17, 1990.

GANTNER, B. N. et al. Collaborative induction of inflammatory responses by dectin-1 and Toll-like receptor 2. **Journal of Experimental Medicine**, v. 197, n. 9, p. 1107-1117, 2003.

GEE, J.; WAL, J. et al. Effect of saponin on the transmucosal passage of β -lactoglobulin across the proximal small intestine of normal and β -lactoglobulin-sensitised rats. **Toxicology**, v. 117, n. 2-3, p. 219-228, 1997.

GHASEMI, Z. et al. Application of zeolites in aquaculture industry: a review. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 1, p. 75-95, 2018.

GIBSON, M. et al. Effect of sarsaponin and monensin on ruminal ammonia levels and in vitro dry matter digestibilities. **Journal Animal Science**, v. 61, n. Suppl 1, p. 492, 1985.

GLIMP, H.; TILLMAN, A. Effect of jackbean urease injections on performance, anti-urease production and plasma ammonia and urea levels in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 1, p. 105-112, 1965.

GOFF, J. P. Secretory Activities of the Gastrointestinal Tract. In: REECE, William O. Dukes' Physiology of Domestic Animals. 13. ed. Iowa: John Wiley & Sons, 2015. Cap. 7. p. 479-578.

KLEIN, B. G. C. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 5^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

GOTTARDI, G. **Mineralogy and crystal chemistry of zeolites**. 1978.

GOTTARDI, G.; GALLI, E. Natural zeolites. Springer Science & Business Media, 2012.

GRAHAM, H.; ÅMAN, P. Nutritional aspects of dietary fibres. **Animal Feed Science and Technology**, v. 32, n. 1-3, p. 143-158, 1991.

GROBNER, M.; JOHNSON, D.; GOODALL, S.; BENZ, D. Sarsaponin effects on in vitro continuous flow fermentation of a high grain diet. 1982.

GUILLOTEAU, P. et al. From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate. **Nutrition Research Reviews**, v. 23, n. 2, p. 366-384, 2010.

GÜMÜŞ, E. et al. Effect of dietary supplementation of some natural antioxidants and coated calcium butyrate on carcass traits, some serum biochemical parameters, lipid peroxidation in meat and intestinal histomorphology in broilers. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 68, p. 237-244, 2020.

HAHN, T.-W. et al. Effects of supplementation of β -glucans on growth performance, nutrient digestibility, and immunity in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 6, p. 1422-1428, 2006.

HAJATI, H.; REZAEI, M. The application of prebiotics in poultry production. **International Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 3, p. 298-304, 2010.

HAMMOND, E. et al. Constituents of swine house odors. **American Society of Agricultural Engineers** St. Joseph, Michigan. p. 17-19, 1974.

HANDL, S. et al. Massive parallel 16S rRNA gene pyrosequencing reveals highly diverse fecal bacterial and fungal communities in healthy dogs and cats. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 76, n. 2, p. 301-310, 2011.

HANG, I. et al. Impact of diets with a high content of greaves-meal protein or carbohydrates on faecal characteristics, volatile fatty acids and faecal calprotectin concentrations in healthy dogs. **BMC Veterinary Research**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2013.

HARALAMPIDIS, K.; TROJANOWSKA, M.; OSBOURN, A. E. Biosynthesis of triterpenoid saponins in plants. **History and trends in bioprocessing and biotransformation**, v. 75, p. 31-49, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1007/3-540-44604-4_2. Acesso em: 05 dez. 2022.

HASSAAN, M. S. et al. Nano-zeolite efficiency to mitigate the aflatoxin B1 (AFB1) toxicity: Effects on growth, digestive enzymes, antioxidant, DNA damage and bioaccumulation of AFB1 residues in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 523, p. 735123, 2020.

HASSAN, S. M. et al. Hemolytic and antimicrobial activities differ among saponin-rich extracts from guar, quillaja, yucca, and soybean. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 162, n. 4, p. 1008-1017, 2010.

HEADON, D. Glycofractions of the Yucca plant and their role in ammonia control. **Biotechnology in the Feed Industry**, 1991.

HEADON, D.; DAWSON, K. Yucca extract controls atmospheric ammonia levels. **Feedstuffs**, v. 62, n. 29, p. 15-16, 1990.

HESPELL, R. B.; SMITH, C. J. **Utilization of nitrogen sources by gastrointestinal tract bacteria**. Academic Press: New York, NY, USA, 1983.

HESTA, M.; ARNOUITS, S.; JANSSENS, G. Dietary supplementation of coated butyrate in healthy dogs: effect on apparent digestibility, faecal flora and faecal volatile fatty acids. **Veterinarni Medicina**, v. 53, n. 3, p. 147, 2008.

HIJOVA, E.; CHMELAROVA, A. Short chain fatty acids and colonic health. **Bratislavské Lekárske Listy**, v. 108, n. 8, p. 354, 2007.

HO, L.; HO, G. Mitigating ammonia inhibition of thermophilic anaerobic treatment of digested piggery wastewater: use of pH reduction, zeolite, biomass and humic acid. **Water Research**, v. 46, n. 14, p. 4339-4350, 2012.

HONG, J. et al. Effects of yucca extract and (or) far infrared emitted materials supplementation on the growth performance, serum characteristics and ammonia production of growing and finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 14, n. 9, p. 1299-1303, 2001.

HOODA, S. et al. Current state of knowledge: the canine gastrointestinal microbiome. **Animal health research reviews**, v. 13, n. 1, p. 78-88, 2012.

HOOTON, D. et al. The Secretion and Action of Brush Border Enzymes in the Mammalian Small Intestine. **Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology**, v. 168, p. 59-118, 2015.

HRISTOV, A. N. et al. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 9, p. 2554-2563, 1999.

HUANG, C. et al. Dietary sodium butyrate decreases postweaning diarrhea by modulating intestinal permeability and changing the bacterial communities in weaned piglets. **The Journal of Nutrition**, v. 145, n. 12, p. 2774-2780, 2015.

HUBBARD, T. D.; MURRAY, I. A.; PERDEW, G. H. Indole and tryptophan metabolism: endogenous and dietary routes to Ah receptor activation. **Drug Metabolism and Disposition**, v. 43, n. 10, p. 1522-1535, 2015.

HUSSAIN, I.; CHEEKE, P. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood profiles of steers fed concentrate-or roughage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 51, n. 3-4, p. 231-242, 1995.

HUSSAIN, I.; ISMAIL, A.; CHEEKE, P. Effects of feeding *Yucca schidigera* extract in diets varying in crude protein and urea contents on growth performance and cecum and blood urea and ammonia concentrations of rabbits. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, n. 2-4, p. 121-129, 1996.

ISLAM, M. M. et al. Dietary effect of artificial zeolite on performance, immunity, faecal microflora concentration and noxious gas emissions in pigs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 4, p. 3404, 2014.

JASKARI, J. et al. Oat β -glucan and xylan hydrolysates as selective substrates for Bifidobacterium and Lactobacillus strains. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 49, n. 2, p. 175-181, 1998.

JAYACHANDRAN, M. et al. A critical review on the impacts of β -glucans on gut microbiota and human health. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 61, p. 101-110, 2018.

JOHNSON, I. et al. Influence of saponins on gut permeability and active nutrient transport in vitro. **The Journal of Nutrition**, v. 116, n. 11, p. 2270-2277, 1986.

KAMADA, N. et al. Role of the gut microbiota in immunity and inflammatory disease. **Nature Reviews Immunology**, v. 13, n. 5, p. 321-335, 2013.

KARAMANLIS, X. et al. The effect of a natural zeolite (Clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 21, n. 11, p. 1642-1650, 2008.

KATSUNUMA, Y. et al. Effect of *Yucca schidigera* extract and saponins on growth of bacteria isolated from animal intestinal tract. **Nihon Chikusan Gakkaiho**, v. 71, n. 2, p. 164-170, 2000.

KAYA, S.; ERDOGAN, Z.; ERDOGAN, S. Effect of different dietary levels of *Yucca schidigera* powder on the performance, blood parameters and egg yolk cholesterol of laying quails. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 50, n. 1, p. 14-17, 2003.

KAZEMIAN, H. et al. 31-p-06-investigation of lead removal from wastewater by iranian natural zeolites using ^{212}Pb as a radiotracer. **Studies in Surface Science and Catalysis**, v. 135, p. 369, 2001.

KAZEMIAN, H.; MALAH, M. Elimination of Cd^{2+} and Mn^{2+} from wastewaters using natural clinoptilolite and synthetic zeolite P. **Iran. J. Chem. Chem. Eng.**, v. 25, n. 4, p. 91-94, 2006.

KELLY, D. et al. Commensal anaerobic gut bacteria attenuate inflammation by regulating nuclear-cytoplasmic shuttling of PPAR- γ and RelA. **Nature Immunology**, v.5, n. 1, p. 104-112, 2004.

KESSLER, A. Butirato de sódio: Aspectos fisiológicos de uma molécula multifuncional na nutrição animal. **Pork World**, v. 5, n. 29, p. 32-36, 2005.

KHASKHELI, A.; KHASKHELI, M.; KHASKHELI, A. Dietary influence of *Yucca schidigera* on broilers and layers: a review. **International Journal of Veterinary Science**, v. 9, n. 3, p. 458-461, 2020.

KIELAK, A. M. et al. The ecology of Acidobacteria: Moving beyond genes and genomes. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2016. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2016.00744>. Acesso em: 05 dez. 2022.

KILLED, G. F. et al. Influence of *Yucca schidigera* preparations on the activity of urease from *Bacillus pasteurii*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 65, n. 4, p. 433-440, 1994.

KILLEEN, G. F. et al. The effects of dietary supplementation with *Yucca schidigera* extract or fractions thereof on nitrogen metabolism and gastrointestinal fermentation processes in the rat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, n. 1, p. 91-99, 1998.

KISS, E. A. et al. Natural aryl hydrocarbon receptor ligands control organogenesis of intestinal lymphoid follicles. **Science**, v. 334, n. 6062, p. 1561-1565, 2011.

KNOWLES, S. E. et al. Production and utilization of acetate in mammals. **Biochemical Journal**, v. 142, n. 2, p. 401-411, 1974.

KÖNIG, H. E. Anatomia dos animais domésticos, texto e atlas colorido. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

KONTULA, P. et al. The colonization of a simulator of the human intestinal microbial ecosystem by a probiotic strain fed on a fermented oat bran product: effects on the gastrointestinal microbiota. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 50, n. 2, p. 246-252, 1998.

KROUPINA, K.; BÉMEUR, C.; ROSE, C. F. Amino acids, ammonia, and hepatic encephalopathy. **Analytical biochemistry**, v. 649, p. 114696, 2022.

KUZMUK, K. N. et al. Diet and Age Affect Intestinal Morphology and Large Bowel Fermentative End-Product Concentrations in Senior and Young Adult Dogs. **The Journal of Nutrition**, v. 135, p. 1940-1945, 2005.

LAI, T. M.; EBERL, D. D. Controlled and renewable release of phosphorous in soils from mixtures of phosphate rock and NH₄-exchanged clinoptilolite. **Zeolites**, v. 6, n. 2, p. 129-132, 1986.

LAM, K.-L. et al. In vitro fermentation of beta-glucans and other selected carbohydrates by infant fecal inoculum: An evaluation of their potential as prebiotics in infant formula. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 14, p. 20-24, 2018.

LEEK, A. et al. Apparent component digestibility and manure ammonia emission in finishing pigs fed diets based on barley, maize or wheat prepared without or with exogenous non-starch polysaccharide enzymes. **Animal feed science and technology**, v. 135, n. 1-2, p. 86-99, 2007.

LI, H. et al. Reduction of ammonia emissions from stored laying hen manure through topical application of zeolite, Al⁺ Clear, Ferix-3, or poultry litter treatment. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 4, p. 421-431, 2008.

LI, K.; VALLA, J.; GARCIA-MARTINEZ, J. Realizing the commercial potential of hierarchical zeolites: new opportunities in catalytic cracking. **Chem. Cat. Chem.**, v. 6, n. 1, p. 46-66, 2014.

LI, Q. et al. Effects of the dietary protein and carbohydrate ratio on gut microbiomes in dogs of different body conditions. **MBio**, v. 8, n. 1, p. e01703-01716, 2017.

LI, S. et al. Dietary supplementation with *Yucca schidigera* extract alleviated heat stress-induced unfolded protein response and oxidative stress in the intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 219, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112299>. Acesso em: 05 dez. 2022.

LI, Y. et al. Exogenous stimuli maintain intraepithelial lymphocytes via aryl hydrocarbon receptor activation. **Cell**, v. 147, n. 3, p. 629-640, 2011.

LIMA, D. C. et al. Use of bentonite and zeolite on the fecal characteristics of dogs. **Archives of Veterinary Science**, v. 23, n. 1, p. 07-08, 2018.

LIN, L. et al. Anaerobic digestion of swine manure under natural zeolite addition: VFA evolution, cation variation, and related microbial diversity. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 24, p. 10575-10583, 2013.

LITVAK, Y.; BYNDLOSS, M. X.; BÄUMLER, A. J. Colonocyte metabolism shapes the gut microbiota. **Science**, v. 362, n. 6418, 2018.

LIU, J. et al. Evaluation of encapsulated sodium butyrate on growth performance, energy digestibility, gut development, and *Salmonella* colonization in broilers. **Poultry Science**, v. 96, n. 10, p. 3638-3644, 2017.

LIU, S. et al. Sodium butyrate reduces ammonia production in the cecum of laying hens by regulating ammonia-producing bacteria. **Poultry Science**, p. 102241, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102241>. Acesso em: 05 dez. 2022.

LÔBO, J. R. et al. Coeficientes de digestibilidade aparente pelos métodos de indicadores e coleta total de fezes em cães. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, p. 691-694, 2001.

LOWE, J. et al. The effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal volatiles occurring concurrently with faecal aroma amelioration. **Research in Veterinary Science**, v. 63, n. 1, p. 67-71, 1997.

LOWE, J.; KERSHAW, S. The ameliorating effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal aroma. **Research in Veterinary Science**, v. 63, n. 1, p. 61-66, 1997.

LOWNDES, F. G. et al. Evaluation of zeolite inclusion and level of food intake on diet digestibility and faecal characteristics of dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 888-896, 2018.

LOWNDES, F. G. et al. Zeolite inclusion in dog extruded diets: Digestibility, fecal characteristics, and palatability. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, p. 2673-2682, 2019.

LUZ, A. B. **Zeólitas: propriedades e usos industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, p.35, 1995.

M SHALABY, A. et al. The Impact of Zeolite on Ammonia Toxicity, Growth Performance and Physiological Status of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, v. 25, n. 1, p. 643-663, 2021.

MA, X. et al. Butyrate promotes the recovering of intestinal wound healing through its positive effect on the tight junctions. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p. 266-268, 2012.

MACFARLANE, G. et al. Estimation of short-chain fatty acid production from protein by human intestinal bacteria based on branched-chain fatty acid measurements. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 10, n. 2, p. 81-88, 1992.

MACHINSKY, T. G. et al. Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2350-2355, 2010.

MAES, D. et al. Livestock Solutions. **BMC Veterinary Research**, v. 9, p. 243, 2013.

MAIA, G. V. C. et al. Zeolites and *Yucca schidigera* in commercial ration for dogs: Palatability, digestibility and reduction of fecal odors. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2442-2446, 2010.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. Novel Encapsulated Calcium Butyrate Supplement Enhances On-Farm Dairy Calf Growth Performance and Body Conformation in a Pasture-Based Dairy Production System. **Animals**, v. 10, n. 8, p. 1380, 2020.

MALLO, J. et al. Evaluation of different protections of butyric acid aiming for release in the last part of the gastrointestinal tract of piglets. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 4, p. 227-229, 2012.

MELLO, R. O. et al. Avaliação do número de células caliciformes nas criptas da mucosa colônica com e sem trânsito intestinal. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 2, p. 139-145, 2012.

MIDDELBOS, I. et al. A dose-response evaluation of spray-dried yeast cell wall supplementation of diets fed to adult dogs: effects on nutrient digestibility, immune indices, and fecal microbial populations. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 11, p. 3022-3032, 2007.

MILLER, T. L.; WOLIN, M. Fermentations by saccharolytic intestinal bacteria. **The American journal of clinical nutrition**, v. 32, n. 1, p. 164-172, 1979.

MING, D. W.; MUMPTON, F. A. **Zeolites in soils**. In: Minerals in Soil Environments: wiley, 1989. p. 873-911.

MINTON, N. P.; CLARKE, D. J.; CLARKE, D. J. **Clostridia**. Springer Science & Business Media, 1989.

MITSOU, E. K. et al. Prebiotic potential of barley derived β -glucan at low intake levels: A randomised, double-blinded, placebo-controlled clinical study. **Food Research International**, v. 43, n. 4, p. 1086-1092, 2010.

MOHINTA, S. et al. Differential regulation of Th17 and T regulatory cell differentiation by aryl hydrocarbon receptor dependent xenobiotic response element dependent and independent pathways. **Toxicological Sciences**, v. 145, n. 2, p. 233-243, 2015.

MONRO, J. A. Evidence-based food choice: the need for new measures of food effects. **Trends in Food Science and Technology**, v. 11, n. 4-5, p. 136-144, 2000.

MOORE, J.; JESSOP, L.; OSBORNE, D. Gas-chromatographic and mass-spectrometric analysis of the odor of human feces. **Gastroenterology**, v. 93, n. 6, p. 1321-1329, 1987.

MOWAT, A. M.; AGACE, W. W. Regional specialization within the intestinal immune system. **Nature Reviews Immunology**, v. 14, n. 10, p. 667-685, 2014.

MUNSON, R. A. **Properties of natural Zeolites**. US Department of Interior, Bureau of Mines, 1973.

MYINT, H. et al. Effect of soybean husk supplementation on the fecal fermentation metabolites and microbiota of dogs. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 11, p. 1730-1736, 2017.

NAKHLI, S. A. A. et al. Application of Zeolites for Sustainable Agriculture: A Review on Water and Nutrient Retention. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 228, n. 12, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of dogs and cats. 2nd ed. Washington (DC): National Academy Press. 2006.

NIKOLAKAKIS, I. et al. Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on the performance and litter quality of broiler chickens. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 37, n. 6, p. 682-686, 2013.

OBER, J. A. **Mineral commodity summaries 2016**. US Geological Survey. 2016.

OCEJO, M. et al. Effects of dry whey powder and calcium butyrate supplementation of corn/soybean-based diets on productive performance, duodenal histological integrity, and *Campylobacter* colonization in broilers. **BMC Veterinary Research**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2017.

OGEER-GYLES, J. S.; MATHEWS, K. A.; BOERLIN, P. Nosocomial infections and antimicrobial resistance in critical care medicine. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 16, n. 1, p. 1-18, 2006.

OKUMURA; T. Roles of intestinal epithelial cells in the maintenance of gut homeostasis. **Experimental and Molecular Medicine**, v. 49, n. 5, p. e338, 2017.

O'SHEA, C. et al. The effect of introducing purified β -glucans to a wheat-based diet on total tract digestibility and gaseous manure emissions from pigs as compared with consumption of a β -glucan-rich, barley-based diet. **Animal Feed Science and Technology**, v. 165, n. 1-2, p. 95-104, 2011.

ÖZOGUL, F.; HAMED, I.; GOKDOGAN, S. The impact of natural clinoptilolite on ammonia, cadaverine and other polyamine formation by food-borne pathogen in lysine decarboxylase broth. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 703-710, 2016.

PABLACK, N.; ZENTEK, J. Effects of dietary arginine, ornithine, and zeolite supplementation on uremic toxins in cats. **Toxins**, v. 10, n. 5, p. 206, 2018.

PALMQVIST, H. et al. Effects of rye inclusion in dog food on fecal microbiota and short-chain fatty acids. **Research Square**, 2022. Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-1411694/v1>. Acesso em: 05 dez. 2022.

PARAY, B. A. et al. *Yucca schidigera* usage for healthy aquatic animals: Potential roles for sustainability. **Animals**, v. 11, n. 1, p. 93, 2021.

PARREIRA, P. R. **Efeito de dois alimentos comerciais secos e dois fornecimentos no consumo alimentar, peso vivo e metabólico, escore corporal, escore e volume fecal de cães adultos em atividade.** 2003. 84 p. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

PATEL, M. et al. Faecal volatile biomarkers of *Clostridium difficile* infection. **PLoS One**, v. 14, n. 4, p. e0215256, 2019.

PATEL, R. D. et al. Ah receptor represses acute-phase response gene expression without binding to its cognate response element. **Laboratory Investigation**, v. 89, n. 6, p. 695-707, 2009.

PENG, S. et al. Addition of zeolite and superphosphate to windrow composting of chicken manure improves fertilizer efficiency and reduces greenhouse gas emission. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 36, p. 36845-36856, 2019.

PEREZ-LOPEZ, A. et al. Mucosal immunity to pathogenic intestinal bacteria. **Nature Reviews Immunology**, v. 16, n. 3, p. 135-148, 2016.

PÉREZ-PÉREZ, T. et al. Performance of EGSB reactor using natural zeolite as support for treatment of synthetic swine wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 1, 2021.

PIACENTE, S.; PIZZA, C.; OLESZEK, W. Saponins and phenolics of *Yucca schidigera* Roetzl: Chemistry and bioactivity. **Phytochemistry Reviews**, v. 4, n. 2, p. 177-190, 2005.

PICKARD, J. M. et al. Rapid fucosylation of intestinal epithelium sustains host-commensal symbiosis in sickness. **Nature**, v. 514, n. 7524, p. 638-641, 2014.

PILLA, R.; SUCHODOLSKI, J. S. The Role of the Canine Gut Microbiome and Metabolome in Health and Gastrointestinal Disease. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2019.00498>. Acesso em: 05 dez. 2022.

PINEDA-QUIROGA, C. et al. Effects of dry whey powder alone or combined with calcium butyrate on productive performance, duodenal morphometry, nutrient digestibility, and ceca bacteria counts of broiler chickens. **Livestock Science**, v. 206, p. 65-70, 2017.

PINNA, C. et al. Influence of dietary protein and fructooligosaccharides on fecal fermentative end-products, fecal bacterial populations and apparent total tract digestibility in dogs. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2018.

POTTER, S. M. et al. Protein-saponin interaction and its influence on blood lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, n. 8, p. 1287-1291, 1993.

POURAZIZ, S.; SHAHRYAR, H. A.; CHEKANI-AZAR, S. Effects of dietary saccharomyces cerevisiae and butyric acid glycerides on performance and serum lipid level of broiler chickens. **Kafkas Üniversitesi. Vet. Fak. Dergisi**, v.19, n. 5, p. 903-907, 2013.

PRESTON, R. et al. Influence of sarsaponin on growth, feed and nitrogen utilization in growing male rats fed diets with added urea or protein. **Journal of Animal Science**, v. 65, n. 2, p. 481-487, 1987.

PROHASZKA, L. et al. The role of intestinal volatile fatty acids in the Salmonella shedding of pigs. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 37, n. 1-10, p. 570-574, 1990.

PSICHAS, A. et al. The short chain fatty acid propionate stimulates GLP-1 and PYY secretion via free fatty acid receptor 2 in rodents. **International Journal of Obesity**, v. 39, n. 3, p. 424-429, 2015.

QAISRANI, S. et al. Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. **Poultry science**, v. 94, n. 9, p. 2152-2164, 2015.

QIU, J. et al. The aryl hydrocarbon receptor regulates gut immunity through modulation of innate lymphoid cells. **Immunity**, v. 36, n. 1, p. 92-104, 2012.

RAJ, J. et al. Effects of a modified clinoptilolite zeolite on growth performance, health status and detoxification of aflatoxin B1 and ochratoxin A in male broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 62, n. 4, p. 601-610, 2021.

RAN-RESSLER, R. R. et al. Branched chain fatty acids reduce the incidence of necrotizing enterocolitis and alter gastrointestinal microbial ecology in a neonatal rat model. **PloS one**, v. 6, n. 12, p. e29032, 2011.

REIMER, R. A. et al. Satiety hormone and metabolomic response to an intermittent high energy diet differs in rats consuming long-term diets high in protein or prebiotic fiber. **Journal of Proteome Research**, v. 11, n. 8, p. 4065-4074, 2012.

RICCI, V. et al. *Helicobacter pylori* gamma-glutamyl transpeptidase and its pathogenic role. **World Journal of Gastroenterology**, v. 20, n. 3, p. 630, 2014.

- RICE, P. J. et al. Human monocyte scavenger receptors are pattern recognition receptors for (1→3)- β -D-glucans. **Journal of Leukocyte Biology**, v. 72, n. 1, p. 140-146, 2002.
- RIDDER, L. et al. Effect of a DIVA vaccine with and without in-feed use of coated calcium-butyrate on transmission of *Salmonella Typhimurium* in pigs. **BMC Veterinary Research**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2013.
- ROBINSON, D. S. et al. Predominant TH2-like bronchoalveolar T-lymphocyte population in atopic asthma. **New England Journal of Medicine**, v. 326, n. 5, p. 298-304, 1992.
- ROEDIGER, W. E. W. The starved colon-Diminished mucosal nutrition, diminished absorption, and colitis. **Diseases of the Colon and Rectum**, v. 33, n. 10, p. 858-862, 1990.
- ROEDIGER, W. Utilization of nutrients by isolated epithelial cells of the rat colon. **Gastroenterology**, v. 83, n. 2, p. 424-429, 1982.
- ROMERO, C. et al. Effect of a partial replacement of limestone by a CaSO₄-zeolite mixture combined with a slight protein reduction on production indices, egg quality, and excreta pH in laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 2, p. 325-334, 2012.
- ROQUE, N. C. et al. Increasing levels of zeolite and *Yucca schidigera* in diets for adult cats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2471-2475, 2011.
- ROQUE, N. C. **Níveis de zeólita (clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em alimentos de gatos adultos**. 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- RÖSCH, C. et al. Effects of in vitro fermentation of barley β -glucan and sugar beet pectin using human fecal inocula on cytokine expression by dendritic cells. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 61, n. 1, p. 1600243, 2017.
- RÖSCH, C. et al. Immunomodulatory properties of oat and barley β -glucan populations on bone marrow derived dendritic cells. **Journal of Functional Foods**, v. 26, p. 279-289, 2016.
- ROSS, G. D. et al. Therapeutic intervention with complement and β -glucan in cancer. **Immunopharmacology**, v. 42, n. 1-3, p. 61-74, 1999.
- ROUND, J. L.; MAZMANIAN, S. K. Inducible Foxp3⁺ regulatory T-cell development by a commensal bacterium of the intestinal microbiota. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 27, p. 12204-12209, 2010.
- RUDNICK, P. et al. Regulation of nitrogen fixation by ammonium in diazotrophic species of proteobacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5-6, p. 831-841, 1997.
- RUSSELL, J.; BASS, P. Canine gastric emptying of fiber meals: influence of meal viscosity and antroduodenal motility. **The American Journal of Physiology**, v. 249, p. G662-G667, 1985.

RYAN, J.; LEEK, B.; JACQUES, K. The complementary effects of *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture (Yea-Sacc1026) and *Yucca schidigera* extract (solid De-Oderase) on ruminal metabolism in sheep. **Journal Animal Science**, v. 71, n. 1, p. 287, 1993.

SAAD, F.; SAAD, C. **História evolutiva na alimentação e controle de consumo dos cães e gatos**. Universidade Federal de Lavras, FAEPE-Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2004.

SABBIONI, A. et al. Modulation of the bifidobacterial communities of the dog microbiota by zeolite. **Frontiers in Microbiology**, v.7, 2016. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2016.01491>. Acesso em: 05 dez. 2022.

SABCHUK, T. T. **Fontes de fibras na alimentação de cães**. 2014. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SAFAEIKATOULI, M. et al. Growth response and tibia bone characteristics in broilers fed diets containing kaolin, bentonite and zeolite. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 21, n. 2, p. 334-344, 2012.

SAKATA, T. Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine: a possible explanation for trophic effects of fermentable fibre, gut microbes and luminal trophic factors. **British Journal of Nutrition**, v. 58, n. 1, p. 95-103, 1987.

SALES, J.; JANSSENS, G. The use of markers to determine energy metabolizability and nutrient digestibility in avian species. **World's Poultry Science Journal**, v. 59, n. 3, p. 314-327, 2003.

SANTANA, M. B. D. et al. Alternatives to antibiotic growth promoters for weanling pigs. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 1093-1098, 2015.

SANTOS, J. P. F. et al. Inclusion of *Yucca schidigera* and zeolite in dog feed: Influence on mineral excretion. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 918-926, 2013.

SANTOS, J. P. F. et al. Inclusion of *Yucca schidigera* extract and zeolite in the diet and its relationship to the apparent digestibility of nutrients and urinary pH in adult dogs. **Ciência Rural**, 46, n. 8, p. 1456-1459, 2016.

SANTOS, J. P. F. et al. *Yucca schidigera* and zeolite in food for adult cats and its effects in mineral excretion. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 687-693, 2011.

SCAPINELLO, C. et al. Influência de diferentes níveis de ácido fumárico ou ácido acético sobre o desempenho de coelhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 5, p. 945-950, 1998.

SCHLEGEL, A. A.; RUDELSON, J. J.; TSE, P. U. White matter structure changes as adults learn a second language. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 24, n. 8, p. 1664-1670, 2012.

SCHNEIDER, A. F.; ZIMMERMANN, O. F.; GEWEHR, C. E. Zeolites in poultry and swine production. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, 2017.

SCHOOR, V. D. et al. The high metabolic cost of a functional gut. **Gastroenterology**, v. 123, n. 6, p. 1931-1940, 2002.

SEDER, R. A. et al. Interleukin 12 acts directly on CD4+ T cells to enhance priming for interferon γ production and diminishes interleukin 4 inhibition of such priming. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 90, n. 21, p. 10188-10192, 1993.

SHEN, R.-L. et al. Effects of oat soluble and insoluble β -glucan on 1, 2-dimethylhydrazine-induced early colon carcinogenesis in mice. **Food and Agricultural Immunology**, v. 27, n. 5, p. 657-666, 2016.

SHEN, X. J. et al. Molecular characterization of mucosal adherent bacteria and associations with colorectal adenomas. **Gut Microbes**, v. 1, n. 3, p. 138-147, 2010.

SHOUKAT, M.; SORRENTINO, A. Cereal β -glucan: a promising prebiotic polysaccharide and its impact on the gut health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 5, p. 2088-2097, 2021.

SILVA, C. et al. Prebiotics and butyric acid can replace colistin as a growth promoter for nursery piglets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, p. 1449-1457, 2020.

SINGER, M. et al. Impacts of rumen fluid modified by feeding *Yucca schidigera* to lactating dairy cows on in vitro gas production of 11 common dairy feedstuffs, as well as animal performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 3-4, p. 242-258, 2008.

SMITH, E. A.; MACFARLANE, G. Dissimilatory amino acid metabolism in human colonic bacteria. **Anaerobe**, v. 3, n. 5, p. 327-337, 1997.

SONG, B. et al. Effect of microencapsulated sodium butyrate dietary supplementation on growth performance and intestinal barrier function of broiler chickens infected with necrotic enteritis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 232, p. 6-15, 2017.

SOUZA, C. P. et al. Evaluation of immunological parameters in pit bull terrier-type dogs with juvenile onset generalized demodicosis and age-matched healthy pit bull terrier-type dogs. **Veterinary Dermatology**, v. 29, n. 6, p. 482-162, 2018.

STUYVEN, E. et al. Oral administration of β -1, 3/1, 6-glucan to dogs temporally changes total and antigen-specific IgA and IgM. **Clinical and Vaccine Immunology**, v. 17, n. 2, p. 281-285, 2010.

SUCHODOLSKI, J. S. et al. The fecal microbiome in dogs with acute diarrhea and idiopathic inflammatory bowel disease. **PloS one**, v. 7, n. 12, p. e51907, 2012.

SUNVOLD, G. D. et al. Dietary Fiber for Dogs: IV. In Vitro Fermentation of Selected Fiber Sources by Dog Fecal Inoculum and In Vivo Digestion and Metabolism of Fiber-Supplemented Diets. **Journal Animal Science**, v. 73, p. 1099-1109, 1995.

SUPERCHI, P. et al. Natural zeolite (Chabazite/phillipsite) dietary supplementation influences faecal microbiota and oxidant status of working dogs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 16, n. 1, p. 115-121, 2017.

SWEENEY, T. F.; CERVANTES, A.; BULL, L. S.; HEMKEN R. W. **Effect of Dietary Clinoptilolite on Digestion and Rumen Fermentation in Steers**. In: *Zeolite Agriculture: Use of Natural Zeolite in Agriculture and Aquaculture*, Pond, W.G. and F.A. Mumpton (Eds.). Boulder, Colorado, 1984. pp: 177.

TADA, R. et al. Binding capacity of a barley β -D-glucan to the β -glucan recognition molecule dectin-1. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 4, p. 1442-1450, 2008.

TANG, H. et al. Removal of ammonium from swine waste water using synthesized zeolite from fly ash. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 8, 2020.

The European Pet Food Industry Federation. (FEDIAF). **Nutritional guidelines**. 2016. Disponível em: <https://europeanpetfood.org/self-regulation/nutritional-guidelines/>. Acesso em: 30 nov 2021.

THEODORO, S. de S. **Fisiologia da digestão: particularidades de cães e gatos**. Figura 1 - Órgãos de um cão. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/clinicacv/AULUSCAVALIERICARCIOFI/fisiologia-da-digestao-caes-e-gatos-stephanie.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2022.

TJELLSTRÖM, B. **Gut microflora associated characteristics in children with celiac disease**. 2009. 56 p. Thesis - Department of Microbiology, Tumor and Cell Biology, Karolinska Institutet, Stockholm, 2009.

TOPPING, D. L.; CLIFTON, P. M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 3, p. 1031-1064, 2001.

TRAUGHBER, Z. T. et al. Ancient grains as novel dietary carbohydrate sources in canine diets. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 6, p. skab080, 2021.

TURNER, M. D. et al. Cytokines and chemokines: At the crossroads of cell signalling and inflammatory disease. **Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Cell Research**, v. 1843, n. 11, p. 2563-2582, 2014.

TWOMEY, L. et al. The effects of increasing levels of soluble non-starch polysaccharides and inclusion of feed enzymes in dog diets on faecal quality and digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, n. 1-4, p. 71-82, 2003.

VAN BEERS, E. H. et al. Intestinal brush border glycohydrolases: structure, function, and development. **Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology**, v. 30, n. 3, p. 197-262, 1995.

VAN IMMERSEEL, F. et al. The use of organic acids to combat *Salmonella* in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. **Avian Pathol.**, v. 35, n. 6, p. 182-188, 2006.

VASSALO, M. et al. Probiotics for piglets from 10 to 30 kg of live weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 1, p. 131-138, 1997.

VELAYUDHAN, J. et al. L-serine catabolism via an oxygen-labile L-serine dehydratase is essential for colonization of the avian gut by *Campylobacter jejuni*. **Infection and Immunity**, v. 72, n. 1, p. 260-268, 2004.

VERNIA, P. et al. Organic anions and the diarrhea of inflammatory bowel disease. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 33, n. 11, p. 1353-1358, 1988.

VIERBAUM, L. et al. In vitro evaluation of the effects of *Yucca schidigera* and inulin on the fermentation potential of the faecal microbiota of dogs fed diets with low or high protein concentrations. **Archives of Animal Nutrition**, v. 73, n. 5, p. 399-413, 2019.

VINCKEN, J. P. et al. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. **Phytochemistry**, v. 68, n. 3, p. 275-297, 2007.

VINUS, N. S.; TEWATIA, B. Organic acids as alternatives to antibiotic growth promoters in poultry. **Journal of Pharmaceutical Innovation**, v. 6, p. 164-169, 2017.

VRZGULA, L.; BARTKO, P. **Effects of Clinoptilolite on weight gain and some physiological parameters of swine.** In: POND, W.G.; MUNMPTON, F.A. (Eds.). *Zeo-agriculture "Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture"* Boulder: Westview, 1984. P.161-166.

WALLACE, R.; ARTHAUD, L.; NEWBOLD, C. Influence of *Yucca schidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 60, n. 6, p. 1762-1767, 1994.

WAN, Y. Y. Multi-tasking of helper T cells. **Immunology**, v. 130, n. 2, p. 166-171, 2010.

WANG, A. et al. Sodium butyrate mitigates in vitro ammonia generation in cecal content of laying hens. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 16, p. 16272-16279, 2016.

WANG, B. et al. Interferon- γ impacts at multiple points during the progression of autoimmune diabetes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 94, n. 25, p. 13844-13849, 1997.

WANG, B. et al. Saponin-induced shifts in the rumen microbiome and metabolome of young cattle. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 356, 2019.

WANG, H.; YIN, J.; KIM, I. H. Experimental study on the effect of zeolite (clinoptilolite) on the growth performance, nutrient digestibility, and faecal microbiota of finishing pigs. **Journal of Applied Animal Research**, v. 49, n. 1, p. 154-157, 2021.

WANG, J. et al. Effect of sodium butyrate on the structure of the small intestine mucous epithelium of weaning piglets. **Chinese Journal of Veterinary Science and Technology**, v. 35, p. 298-301, 2005.

WANG, J. et al. Efficacy of New Zeolite-based Hemostatic Gauze in a Gunshot Model of Junctional Femoral Artery Hemorrhage in Swine. **Journal of Surgical Research**, v. 263, p. 176-185, 2021.

WANG, J. K.; YE, J. A.; LIU, J. X. Effects of tea saponins on rumen microbiota, rumen fermentation, methane production and growth performance-a review. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, n. 4, p. 697-706, 2012.

WANG, J. P.; KIM, I. H. Effect of caprylic acid and *Yucca schidigera* extract on production performance, egg quality, blood characteristics, and excreta microflora in laying hens. **British Poultry Science**, v. 52, n. 6, p. 711-717, 2011.

WANG, Y. et al. Coadsorption of tetracycline and copper (II) onto struvite loaded zeolite – An environmentally friendly product recovered from swine biogas slurry. **Chemical Engineering Journal**, v. 371, p. 366-377, 2019.

WANG, Y. et al. Effect of steroidal saponin from *Yucca schidigera* extract on ruminal microbes. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 5, p. 887-896, 2000.

WIJESINGHE, D. T. N. et al. Biogas Improvement by Adding Australian Zeolite During the Anaerobic Digestion of C:N Ratio Adjusted Swine Manure. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, n. 7, p. 1883-1887, 2019.

WU, Q. J. et al. Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. **Poultry Science**, v. 92, n. 3, p. 684-692, 2013.

WU, Z. et al. Influence of yucca extract on ruminal metabolism in cows. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 4, p. 1038-1042, 1994.

XIA, Y.; ROSS, G. D. Generation of recombinant fragments of CD11b expressing the functional β -glucan-binding lectin site of CR3 (CD11b/CD18). **The Journal of Immunology**, v. 162, n. 12, p. 7285-7293, 1999.

XU, Y. et al. Effects of zeolite and chicken manure on the growth of soybean and rapeseed. **IOP Publishing Ltd**, v. 514, n. 5, n. 052047, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85091042591&doi=10.1088%2f1755-1315%2f514%2f5%2f052047&partnerID=40&md5=96516bcdb20232d9c83ac9065b72f9ca>. Acesso em: 26 abr. 2020.

YAN, Y. et al. BCFA suppresses LPS induced IL-8 mRNA expression in human intestinal epithelial cells. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 116, p. 27-31, 2017.

YANG, Z. et al. Effects of Dietary *Yucca Schidigera* Extract and Oral *Candida utilis* on Growth Performance and Intestinal Health of Weaned Piglets. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, p. 233, 2021.

ZAHRAN, E. et al. Dietary mycotoxicosis prevention with modified zeolite (Clinoptilolite) feed additive in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 515, 2020.

ZANATTA, C. P. et al. Fatores que regulam o consumo e a preferência alimentar em cães. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 109-114, 2016.

ZENTEK, J. et al. Dietary effects on *bifidobacteria* and *Clostridium perfringens* in the canine intestinal tract. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 87, n. 11-12, p. 397-407, 2003.

ZENTEK, J. R. et al. Dietary protein source and manufacturing processes affect macronutrient digestibility, fecal consistency, and presence of fecal *Clostridium perfringens* in adult dogs. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 8, p. 2158S-2161S, 2004.

ZENTEK, J.; MEYER, H. Normal handling of diets-are all dogs created equal? **Journal of Small Animal Practice**, v. 36, n. 8, p. 354-359, 1995.

ZHOU, G. et al. Horizontal gene transfer is a key determinant of antibiotic resistance genes profiles during chicken manure composting with the addition of biochar and zeolite. **Journal of Hazardous Materials**, v. 408, n. 124883, 2021.

ZIGANSHINA, E. E. et al. Effect of the organic loading rate increase and the presence of zeolite on microbial community composition and process stability during anaerobic digestion of chicken wastes. **Microbial Ecology**, v. 70, n. 4, p. 948-960, 2015.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO – ZEÓLITA, *YUCCA SCHIDIGERA*, B-GLUCANOS DE ALGAS E BUTIRATO DE CÁLCIO EM ALIMENTOS PARA CÃES

Artigo formatado de acordo com as normas do *Journal of Animal Science*.

**ZEÓLITA, *YUCCA SCHIDIGERA*, β -GLUCANOS DE ALGAS E BUTIRATO
DE CÁLCIO EM ALIMENTOS ALIMENTOS PARA CÃES**

**Lucas D. L. Santos*, Flávia M. O. B. Saad*, Antônio G. Bertechini*, Vanessa A. Silva*,
Gustavo Igaki*, Mateus P. Santos*, Nathalia B. Barreto*, Maria R. C. Godoy^{†#}**

* Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 37200-90, Brasil

† Department of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana, 61801, USA

#Autor correspondente: Prof. Dra. Maria Regina Cattai de Godoy

Animal Science Laboratory – University of Illinois at Urbana-Champaign

1207 W. Gregory Dr., Urbana IL, 61801

e-mail: mgodoy2@illinois.edu

Fax: +1 217-300-0226

RESUMO PARA LEIGOS: Os produtos da fermentação intestinal de proteínas estão relacionados ao aumento do odor das fezes de cães e gatos. O odor das fezes é uma característica importante para os proprietários uma vez que os animais de companhia estão compartilhando o mesmo ambiente que os seus proprietários. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo utilizar aditivos nos alimentos de cães para avaliar as concentrações de fecais de compostos fermentados no intestino grosso dos cães. Além disso, também foi avaliado o odor das fezes dos animais através da técnica de painel de odores. Os aditivos testados foram a zeólita clinoptilolita (ZC), o extrato *Yucca schidigera* (YSE), beta-glucanos provenientes de algas e butirato de cálcio (BC). Através do painel de odores, percebeu-se que a inclusão de ZC e YSE

nas dietas de cães, reduziram o odor fecal. Ademais, a inclusão de ZC aumentou o nível de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), composto relacionados a uma melhor saúde intestinal. Não houve nenhum efeito a partir da inclusão beta-glucanos. O BC apresentou efeitos similares a ZC com relação concentração fecal de AGCC, mas apresentou pior odor fecal. Conclui-se que, para as características estudadas, não há necessidade da inclusão de beta-glucanos e o BC em dietas caninas.

CORTES DO TEXTO: Influência de aditivos na concentração fecal de ácidos graxos voláteis, produtos da degradação de proteína e no odor fecal.

RESUMO: A fermentação de proteínas no intestino grosso (IG) de cães gera produtos como, ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), amônia, fenóis e indóis. Estes compostos estão ligados ao aumento do odor das fezes dos animais, ao aumento do pH intestinal e, conseqüentemente, a presença de bactéria com maior potencial patogênico. Assim, objetivou-se avaliar a ação sinérgica zeólita clinoptilolita (ZC), *Yucca schidigera* (YSE), β -glucanos provenientes de algas e butirato de cálcio (BC) sobre os produtos da fermentação encontrados nas fezes de cães, bem como a redução do odor das fezes através da implementação de um painel sensorial de odores. Os tratamentos foram controle, sem nenhum aditivo (T0); T0 + 0,75% de ZC (T1); T0 + 0,75% ZC + 0,1% de YSE (T2); T0 + 0,75% de ZC + 0,1 YSE + 0,03% de β -Glucanos (T3); e T0 + 0,75% de ZC + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de BC (T4). Não ocorram diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre as dietas estudadas para as características de aceitabilidade, digestibilidade aparente dos nutrientes e no escore fecal dos cães. O T4 e T1 apresentaram menor pH intestinal ($p < 0,05$) em relação ao T0. Para a concentração de acetato fecal, o T4 obteve maior concentração nas fezes quando comparados ao T0, mas o valor foi estatisticamente similar ao T1. Observou-se uma tendência ($p < 0,10$), que demonstra que as concentrações de propionato e AGCC totais, foram maiores para o T4 e T1. Não foi observado diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os valores encontrados para AGCR, fenol, 4-MethylPheno, 4-Ethylphenol, indol. Com relação a amônia fecal também observou-se uma tendência ($p < 0,10$), na qual o T4 apresentou maiores concentrações em relação ao T2, contudo nenhum tratamento foi diferente do controle. Os T1 e T2 apresentaram odor menos fétido quando comparados a T0, e o T4 foi considerado mais fétido que o T2. Conclui-se que a inclusão de zeólita e YSC apresentam efeitos benéficos a saúde intestinal dos cães e reduzem o

odor das fezes de cães, contudo para as características analisadas não é justificado a inclusão de β -Glucanos e BC.

Palavras-chave: Degradação proteica, fermentação, amônia, odor, fenol e indol.

INTRODUÇÃO

Caracterizam-se como produtos da fermentação proteica ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), a amônia, fenóis, indóis, dióxido de carbono, metano, aminas biogênicas, (FLICKINGER et al., 2003; KUZMUK et al., 2005). Estes, são compostos associados ao aumento do pH intestinal, presença de organismos com maior potencial patogênico como bactérias do gênero *Clostridium* (SMITH et al., 1997; KROUPINA; BÉMEUR; ROSE, 2022) *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Salmonella paratyphi* (ÖZOGUL.; HAMED; GOKDOGAN, 2015). Além disso, a presença de AGCR, a amônia, fenóis, indóis, dióxido de carbono, metano, aminas biogênicas, nas fezes de cães e gatos estão associadas a um maior odor das fezes.

O segmento *Pet Food* utiliza aditivos que tem a capacidade de potencializar os efeitos benéficos da dieta. As zeólitas, por exemplo, são aluminossilicatos que apresentam efeito efetivo na melhora do microbioma de cães (SABBIONI et al., 2016), e apresentam grande afinidade com moléculas de amônia (NAHLI et al., 2017; ENGLERT e RUBIO 2005; AIYUK et al. 2004) e aminas biogênicas (PINNA et al., 2017), fato que auxiliam na redução do odor das fezes de cães e gatos (ROQUE et al., 2011; MAIA et al., 2010).

A *Yucca schidigera* (YSE) também apresentam efeito na redução do odor fecal de cães (DOS REIS et al., 2016). Assim como as zeólitas, a YSE tem a capacidade de se ligar a moléculas de amônia e cadaverina (ÖZOGUL.; HAMED; GOKDOGAN, 2015). O mecanismo de ação que envolve a redução da concentração de amônia nas fezes ainda não foi bem elucidado na literatura. As principais teorias envolvem a capacidade de inibir a urease (ASPLUND; GOODALL, 1991; PRESTON et al., 1987; ELLENBERGER et al., 1985), se ligar e carrear a amônia (HEADON; DAESON, 1990) e modificação da microbiota colônia (BINGHAM et al., 1975, BINGHAM; HARRIES; LAGA 1978).

Outro aditivo utilizado na dieta de cães e gatos são os β -glucanos. Existem diferentes fontes de β -glucanos encontrados na natureza. Os β -glucanos encontrados em cereais podem atuar de forma probiótica no IG, diminuindo o pH e potencializando a produção de ácidos

graxos de cadeia curta (AGCC), (JAYACHANDRAN et al., 2021). Os β -glucanos oriundos de microrganismos e algas, geralmente estão relacionados a modulação do sistema imune (CHAN; CHAN; SZE, 2009).

O butirato de cálcio é um ativo pouco utilizado na nutrição de animais de companhia no Brasil. Em animais de produção o butirato está relacionado a redução do pH intestinal, fato que promove efeito trófico para o epitélio intestinal (OCEJO et al., 2017; EL-WAHAB et al., 2019). Também proporciona maior proliferação de microrganismos benéficos à saúde do animal (GÜMÜŞ et al., 2020) e reduz organismo patogênicos como *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* (HAJATI; REZAEI, 2010). Toda a melhora da saúde intestinal acarretada pela adição de butirato da dieta também está relacionada a redução de amônia (WANG et al., 2016; LIU et al., 2022).

Apesar de alguns ingredientes descritos terem seu uso solidificado na indústria de alimentos para cães e gatos, ainda é necessário conhecer a ação destes quanto a produção de ácidos graxos voláteis e nos produtos da fermentação de proteína no IG de cães. Por isso, objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos sinérgicos da adição de zeólita clinoptilolita, *Yucca schidigera*, β -glucanos e butirato de cálcio sobre a produção de AGCC, AGCR, amônia, fenóis e indóis.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos de cuidados com animais foram aprovados pelo Comitê de Cuidados e Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras (Protocolo nº. 007/22).

Animais e dietas

O estudo foi conduzido no CENAC (Centro de Nutrição de Animais de Companhia) na Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras – MG. Foram utilizados 15 cães, machos e fêmeas, com idade média de $6 \pm 0,14$ anos, sendo cinco beagles e 10 sem raça definida, com peso médio de $14,5 \pm 0,20$ e $17,5 \pm 0,15$ e escore médio de condição corporal de $5,4 \pm 0,4$ usando uma escala de 9 pontos (Laflamme, 1997). Os cães foram alojados individualmente em baias (1,5 m de largura x 3,0 m de 100 comprimento) de cimento com acesso ao solário. Os bebedouros utilizados foram do tipo nipple, fixados na parede do fundo da baia a uma altura média de 50 centímetros do solo. O peso corporal e o escore de condição corporal foram registrados semanalmente, e a ingestão alimentar foi registrada diariamente. As necessidades

energéticas dos cães foram calculadas seguindo as recomendações do NRC (2006) utilizando a fórmula $110 \times PV^{0,75}$, portanto os animais foram alimentados para manter o peso corporal e o escore de condição corporal ideais durante todo o estudo.

Foi formulado quatro diferentes tipos de *blend* que foram incorporados no alimento dos cães (Tabela 1). Os ingredientes presentes nos *blends* foram ZC, YSE, β -glucano e BC. Cinco tratamentos foram utilizados no experimento, controle, sem nenhum aditivo (T0); T0 + 0,75% de ZC (T1); T0 + 0,75% ZC + 0,1% de YSE (T2); T0 + 0,75% de ZC + 0,1 de YSE + 0,03% de β -Glucanos (T3); e T0 + 0,75% de ZC + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de BC (T4). Todas as dietas foram formuladas com composição química e ingredientes semelhantes, excetuando pela adição dos diferentes tipos de *blend* por tratamento, bem como para atender o perfil nutricional para cães adultos de acordo com NRC (2006).

Tabela 1 - Níveis de garantia das dietas experimentais.

Nutrientes*	Tratamentos ¹				
	T0	T1	T2	T3	T4
Umidade (max) (%)	10	10	10	10	10
Proteína Bruta (Mín.) (%)	22	22	22	22	22
Extrato Etéreo (Mín.) (%)	10	10	10	10	10
Matéria Fibrosa (Máx.) (%)	4	4	4	4	4
Matéria Mineral (Máx.) (%)	9	9	9	9	9
Cálcio (Mín - Máx.) (%)	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2
Fósforo (Mín.) (%)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Ácido Linoléico (Mín.) (%)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Ácido Linolênico (Mín.) (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sódio (Mín.) (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Potássio (Mín.) (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Blend**					
Zeólita (%)	-	0,75	0,75	0,75	0,75
<i>Yucca Schidigera</i> (%)	-	-	0,10	0,10	0,10
β -Glucanos (%)	-	-	-	0,03	0,03
Butirato de Calcio (%)	-	-	-	-	0,5

*Composição básica do alimento: Arroz Quirera, Farinha de Carne e Ossos Bovino, Farinha de Vísceras de Frango, Milho Integral Moído, Gordura de Frango, Hidrolisado de Carne e Frango, Semente de Linhaça (0,4%), Farelo de Trigo, Hemácias, Cloreto de Colina, Cloreto de Potássio, Antioxidante (BHT e BHA), Aditivo Antifúngico (Ácido Propiônico), Cloreto de Sódio (Sal Comum), L-Lisina, Biotina.

Composição dos aditivos utilizados: **Yucca schidigera: 5% de saponinas; **β -Glucanos**: $\geq 50\%$ de 1,3 β -Glucanos; **Butirato de cálcio**: 85% de butirato de cálcio.

¹Tratamentos:

T0: Sem adição de aditivos (dieta controle);

T1: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita;

T2: dieta controle + 0,75% zeólita clinoptilolita + 0,1% de YSE;

T3: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos;

T4: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio protegido.

Delineamento experimental e coleta de amostras

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), sendo blocado o período. Os cães foram divididos aleatoriamente em cinco grupos, contendo três animais, durante três períodos, totalizando 9 repetições por tratamento. O protocolo experimental está discriminado na tabela 2.

Tabela 2 - Protocolo Experimental

Período	Dia	Protocolo
1	1-7	Todos os animais se alimentaram da dieta controle;
	8-12	Teste de aceitação
	13-22	Os grupos continuam a receber as dietas com aditivos
	22	Painel de Odores
	23-27	Coleta total de fezes;
	25-27	Produtos da fermentação intestinal;
2	28-34	Todos os animais se alimentaram da dieta controle;
	35-39	Teste de aceitação
	40-50	Os grupos continuam a receber as dietas com aditivos
	50	Painel de Odores
	51-55	Coleta total de fezes;
	53-55	Produtos da fermentação intestinal;
3	57-63	Todos os animais se alimentaram da dieta controle;
	64-68	Teste de aceitação
	69-76	Os grupos continuam a receber as dietas com aditivos
	76	Painel de Odores
	77-81	Coleta total de fezes;
	79-81	Produtos da fermentação intestinal;

Nos primeiros 7 dias todos os animais consumiram o tratamento controle, a partir do dia 8 até o dia 12 foi realizado o teste de aceitação com todas as dietas experimentais, seguindo o protocolo do Manual da *Pet Food* Brasil (ABINPET, 2019). Para realizar o teste de aceitação, foi ofertado maior quantidade de alimento, seguindo a fórmula $120 \times PV^{0,75}$. O alimento foi ofertado ao animal uma vez ao dia e a ingestão pelo animal é quantificada pela diferença entre o fornecido e as sobras. Do dia 13 ao 22 os animais continuavam a receber os alimentos experimentais, contudo eram alimentados com as dietas para manter o peso corporal e o escore de condição corporal.

Painel de odores

No dia 22 as fezes dos animais foram coletadas para a realização do painel de odor, cujo a metodologia foi semelhante a apresentada por Morales (1994), com adaptações, de forma

similar a Maia et al. (2010), Roque et al. (2011) e Dos Reis (2016). Desta forma, na manhã dos dias designados ao teste de painel de odor, as fezes frescas foram coletadas e homogeneizadas por tratamento, sendo que a quantidade de 50 gramas foi pesada e colocada em uma caixa de isopor previamente identificadas com o número 1 ou 2.

Durante os 3 períodos participaram 95 voluntários da comunidade acadêmica da Universidade Federal de Lavras, que não faziam parte da rotina diária do canil que foi realizado o experimento. Os avaliadores passaram por 10 estações, sendo que uma estação era constituída por 2 caixas (caixa 1 ou caixa 2) que continha fezes de dois tratamentos diferentes, por exemplo T0xT1. Vale ressaltar que todos os tratamentos foram confrontados entre si. Os candidatos tinham que comparar os odores e oferecer uma nota 1, ou 2, ou 3, conforme descrito no Anexo 1. Ao final da análise foram somados os resultados encontrados nos três períodos para posterior análise.

Escore fecal, digestibilidade aparente e produtos da fermentação

Do dia 23 até o dia 27 foi realizado a avaliação do escore fecal e a coleta total de fezes para a realização da digestibilidade total dos nutrientes. Em relação ao escore fecal foi utilizado o método descrito por Carciofi (2008) para classificação, 0: fezes líquidas; 1: fezes pastosas e sem forma; 2: fezes macias, mal-formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3: fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4: fezes bem formadas e consistentes e que não aderem ao piso; e 5: fezes bem formadas, duras e secas.

No dia 28 foi realizado a coleta de fezes para definição do pH, dos AGV, amônia, fenol e indol (produtos da fermentação intestinal). O pH fecal foi medido em amostras frescas com peagâmetro digital de bancada (modelo DM22 da marca DIGIMED) imediatamente após a coleta. Posteriormente a mensuração do pH, foi formado alíquotas para mensurar as concentrações dos produtos fermentativos. Uma alíquota fecal de 3 g foi pesada e colocada em um tubo Falcon de 15 mL com ácido clorídrico 2 N e congelada a -20 °C até a análise das concentrações de AGCC, AGCR e amônia. Alíquotas de 2 g foram pesadas em duplicata e colocadas em tubos plásticos de 5 mL para fenóis e indóis e armazenadas a -20 °C até a análise. Durante a coleta total de fezes, todas as fezes foram pesadas, pontuadas e armazenadas em freezer a -20°C até a análise do CDA dos macronutrientes. Posteriormente, os cães foram realocados novamente e todo o período do experimento descrito acima se repetiu duas vezes, totalizando 84 dias de experimento (Tabela 2).

Preparação de amostras e análise química

Dietas experimentais e amostras fecais foram analisadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. Para obtenção das análises bromatológicas, seguiu-se o padrão descrito pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006), no qual caracteriza-se as análises de matéria seca (MS) (método 934.01), proteína bruta (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método de hidrólise ácida), matéria mineral (MM) (método 942.05).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de MS foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDMS: } [(a - b) / a] \times 100$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = fezes excretadas na matéria seca

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da MM foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDAMM (\%)} = \{[(c \times a) - (d \times b) / (a \times b)]\} \times 100$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = % de matéria mineral no alimento

c = quantidade excretada de fezes na matéria seca

d = % de matéria mineral nas fezes

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da PB foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDAPB (\%)} = (a - b) / a \times 100$$

Em que:

a = consumo total de proteína bruta na matéria seca

b = excreção total fecal de proteína bruta na matéria seca

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da EE foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDAEE (\%)} = \{[(a \times b) - (c \times d)] / (a \times b)\} \times 100$$

Em que:

a= consumo de alimento na matéria seca

b= % do nutriente no alimento

c= quantidade excretada de fezes na matéria seca

d= % do nutriente nas fezes

As análises de produtos fermentativos (AGCC, AGCR, indol e fenol) foram realizadas na Universidade de Illinois, Urbana-Champaign – EUA. As concentrações de AGCC, AGCR em amostras de fezes frescas foram determinadas através do uso de cromatografia gasosa de acordo com o método de Erwin et al. (1961) e Goodall e Byers (1978). As concentrações de ácidos graxos voláteis foram determinadas usando um cromatógrafo de gás Hewlett Packard (Hewlett Packard, Avondale, PA) Modelo 5890A equipado com um "detector de ameionização (FID) em uma coluna de vidro (1,8 m × 4 mm i.d.) embalado com GP 10% SP- 1200/1% H3PO4 em 80/100 chromosorb W AW (Supelco, Bellefonte, PA). Nitrogênio era o gás de arraste e tinha uma taxa de fluxo de 45 mL/min. As temperaturas para o forno, porta de injeção e porta do detector foram 125, 175 e 180°C, respectivamente.

Foi calculada a média da concentração analisada de cada conjunto de tubos para acetato, propionato, butirato, isobutirato, isovalerato, ácido valerato. As concentrações fecais de fenol e indol foram determinadas por cromatografia gasosa de acordo com o método de Flickinger et al. (2003) com modificações. A análise de fenol e indol utilizou um cromatógrafo gasoso Thermo Scientific TRACE 1300 acoplado a um detector FID (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA). Uma amostra de 1 µL foi injetada a 220°C, no modo splitless. Uma coluna Nukol Supelcol (60 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro) com uma espessura de 0,25 µm foi usada para separar os compostos fenólicos. A temperatura do forno foi inicialmente de 150°C que foi mantida por 1 min, e então foi aumentada a 25°C por minuto para 200°C e mantida por 35 min. O padrão interno utilizado foi o 5-metilindol, e todas as amostras foram analisadas em duplicata. As concentrações de amônio foram medidas de acordo com o método de Chaney e Marbach (1962).

Análises Estatísticas

Os dados foram analisados usando SAS (SAS Institute Inc., versão 9.4, Cary, NC), com efeito fixo da dieta e do tempo e efeito aleatório do animal. O modelo estatístico do DBC é:

$$y_{ij} = m + b_j + t_i + e_{ij}$$

em que: y_{ij} é o valor observado da característica estudada, no tratamento i ($i = 1, 2, \dots, I$) e no bloco (ou repetição) j ($j = 1, 2, \dots, J$); m é a média geral (de todas as observações) do

experimento; t_i é o efeito do tratamento i ; e_{ij} é o erro associado à observação y_{ij} ou efeito dos fatores não-controlados sobre ela.

Foi utilizado o PROC ROBUSTREG, para a retirada dos outliers. A normalidade dos dados foi verificada pelo PROC UNIVARIATE. Os dados que não estavam dentro da normalidade foram corrigidos utilizando o PROC RANK. Após o teste de normalidade e conversão a normalidade, foi utilizado o PROC ANOVA, para avaliar os dados do escore fecal, coeficientes de digestibilidade (CDAMS, CDAMM, CDAPB, CDAEE), dos produtos fermentativos (AGCC, AGCR, amônia, indol e fenol) bem como o pH fecal. Foram considerados como efeitos fixos os tratamentos e grupos. As diferenças entre os tratamentos foram determinadas usando um teste de diferença menos significativa protegido por Fisher com um ajuste de Duncan para controlar o erro experimental tipo 1. Uma probabilidade de $p < 0,05$ foi aceita como estatisticamente significativa.

Como os dados da análise sensorial são considerados qualitativos, seus resultados foram analisados por estatística não paramétrica. Portanto, para verificar a frequência dos dados foi utilizado o PROC FREQ do SAS, posteriormente para verificar se havia efeito dos tratamentos no odor, os dados foram submetidos ao teste McNemar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FEDIAF (2016), preconiza no mínimo 75% de ingestão de alimento, de acordo com as necessidades energéticas do animal, para que o ensaio de digestibilidade pudesse acontecer normalmente. Caso contrário, ocorrerá interrupção do experimento, e a metodologia deverá ser alterada, utilizando um marcador, por exemplo óxido crômico, ao invés do método de coleta total de fezes para analisar a digestibilidade aparente dos nutrientes. De acordo com os valores encontrado para o teste de aceitabilidade, percebe-se que todos os tratamentos obtiveram valor de ingestão acima do mínimo, portanto todos os tratamentos foram aprovados e a experimentação pode ocorrer através do método de coleta total de fezes.

Aceitabilidade do alimento e digestibilidade aparente dos nutrientes

Os resultados encontrados neste estudo referentes ao teste de aceitabilidade (Tabela 3), indicam que as doses de 0,75% de ZC e 1% de YSE, respectivamente, não interferem ($p > 0,05$) na ingestão de alimentos quando adicionados em dietas para cães. Assim como neste estudo, diversos autores estudaram a associação de zeólita e YSE, e não encontraram diferenças

significativas em relação ao consumo de alimentos em animais de companhia (DEL CAMPO, 2004; MAIA et al., 2010; ROQUE et al., 2012; SANTOS et al., 2013; DOS REIS et al., 2017; LOWNDES et al., 2019).

Tabela 3- Aceitabilidade ao alimento teste pelos cães, mediante ao oferecimento diário de 120 kcal x PC 0,75

Tratamentos ¹	Energia recomendada (Kcal 0,75/dia)*	Energia ofertada (Kcal 0,75/dia)*	Energia ingerida (Kcal 0,75/dia)* ²	Aceitabilidade (% da E recomendada)
T0	110	120	120	109
T1	110	120	120	109
T2	110	120	120	109
T3	110	120	120	109
T4	110	120	120	109
Média	110	120	120	109

*Considerando o valor de 3580 kcal/ kg de alimento.

¹ Tratamentos:

T0: Sem adição de aditivos (dieta controle);

T1: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita;

T2: dieta controle + 0,75% zeólita clinoptilolita + 0,1% de YSE;

T3: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos;

T4: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio.

² Média de ingestão dos nove animais.

Devido suas características físico-químicas, as zeólitas permitem que ocorra o processo de adsorção dos nutrientes, promovendo maior tempo de retenção dos componentes da digesta no trato digestivo (LUZ 1995), aumentando o tempo de ação das enzimas digestivas e por sua vez, aumentando a digestibilidade dos nutrientes. Contudo, este efeito não foi observado neste estudo, uma vez que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) da digestibilidade aparente dos nutrientes quando houve a inclusão de 0,75% zeólita na dieta em relação ao controle (Tabela 4). Estes resultados corroboram com diversos estudos no qual a zeólita foi adicionada a dieta de animais de companhia (MAIA et al., 2010; ROQUE et al., 2011; SANTOS et al., 2013). Percebe-se, então que a zeólita pode ser implementada na dieta de cães pois não prejudica a digestibilidade dos nutrientes.

A inclusão de 0,1% de YSE não modificou a digestibilidade dos nutrientes neste estudo (Tabela 4). Estes resultados corroboram com Dos Reis et al. (2017) que adicionaram doses de 250, 500 e 700 de YSE em dietas para cães e não encontraram efeitos significativos com relação a digestibilidade dos nutrientes. Outros autores demonstram que a utilização de YSE na dieta de cães (MAIA et al., 2010), gatos (ROQUE et al., 2011), suínos (BAE et al., 1999) e aves (ÇABUK et al., 2004), não apresentaram efeito significativo com relação a digestibilidade dos nutrientes.

Tabela 4 - Valores médios obtidos para os Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (CDAMS), Matéria Mineral (CDAMM), Extrato Etéreo (CDAEE) e Proteína Bruta (CDAPB) do alimento teste.

Tratamentos ¹	CDAMS (%) ²	CDAPB (%) ²	CDAEE (%) ²	CDAMM (%) ²
T0	79,50	84,73	92,65	34,23
T1	78,32	84,35	92,72	29,64
T2	78,99	83,11	92,42	36,67
T3	80,68	83,93	92,44	36,68
T4	80,03	84,75	92,85	33,69
EPM*	0,36	0,32	0,19	1,22
p-valor ³	0,4330	0,3293	0,9014	0,2677

*EPM = Erro Médio Padrão;

¹Tratamentos:

T0: Sem adição de aditivos (dieta controle);

T1: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita;

T2: dieta controle + 0,75% zeólita clinoptilolita + 0,1% de YSE;

T3: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos;

T4: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio.

²Média do escore fecal dos tratamentos (9 animais)

³p-valor obtido através da ANOVA

Em relação ao T3, percebe-se que a inclusão de 0,03 % de β -glucanos retirado de alga, também não influenciou a ingestão de alimentos ($p>0,05$) (Tabela 3). Resultados similares foram observados quando Ferreira et al. (2018) suplementaram dietas para cães com 1% β -glucanos de aveia. Utilizando parede celular de leveduras, composto rico $\beta(1,3),\beta(1,6)$ -glucanos, Middelbos et al. (2007) não encontraram diferenças em relação ao consumo quando adicionou doses de 0%, 0,05%, 0,25%, 0,45% e 0,65% na dieta de cães. Traughber et al. (2021), utilizaram β -glucanos de levedura e não relataram diferenças com relação ao consumo de cães.

Os β -glucanos apresentam estruturas diferentes de acordo com suas fontes, por exemplo, os β -glucanos advindo de cereais com aveia e cevada, apresentam ligações $\beta(1,4)$ lineares que separam cadeias mais curtas de estruturas $\beta(1,3)$. Já a estrutura dos β -glucanos de levedura é composta por ramificações $\beta(1,6)$ curtas ligadas a uma estrutura $\beta(1,3)$ (JAYACHANDRAN et al., 2018). Similar aos β -glucanos de levedura, as algas e plantas superiores também apresentam cadeias de ligação $\beta(1,3)$. Estas diferenças estruturais ocasionam diferentes efeitos em relação a digestibilidade dos nutrientes no TGI. Segundo Ferreira et al. (2018) há diminuição no coeficiente de digestibilidade dos nutrientes quando é adicionado β -glucanos de cereais na dieta devido ao aumento da viscosidade da dieta, fato que dificulta a ação das enzimas digestoras. Já os β -glucanos provenientes de leveduras apresentam efeitos muitas vezes oposto, aumentando a digestibilidade aparente dos nutrientes por proporcionar melhora na saúde intestinal e imunidade do indivíduo (ZHANG et al., 2020).

Diversos estudos relatam melhoras nos coeficientes de digestibilidade quando são empregados β -glucanos de leveduras na dieta de cães (MIDDELBOSS et al., 2007). Traugher et al. (2020) demonstraram que o uso de 150 ppm β -glucanos de levedura aumentou digestibilidades da MS, PB e energia metabolizável. No presente estudo a adição de 0,03% de β -glucanos de algas na dieta de cães não ocasionou aumento dos coeficientes de digestibilidade aparente ($p>0,05$). Esses resultados apresentam certa semelhança com os resultados apresentados por Zhang et al., (2012a), Zhang et al., (2012b) e Cox et al. (2010) que não observaram diferenças significativas no crescimento de frango de corte quando estes foram alimentados com β -glucanos de levedura. Os autores relatam que a ausência de melhora nos parâmetros zootécnicos pode ser ocasionada devido à redistribuição de energia para a melhora do sistema imunológico resultando no uso ineficiente do alimento para crescimento. Portanto, apesar da adição de β -glucanos de levedura não ter aumentado a digestibilidade aparente dos nutrientes em cães, este ingrediente pode estar auxiliando na resposta imune do indivíduo.

O butirato apresenta forte odor (GÜMÜŞ et al., 2020) e baixa palatabilidade, sendo um ingrediente que pode limitar o consumo dos indivíduos (PINEDA-QUIROGA et al., 2017). Contudo, a inclusão de 0,5% de butirato de cálcio (BC) na dieta não alterou a aceitabilidade do alimento para cães ($p>0,10$) (Tabela 3). Acredita-se que para os cães o olfato é um fator fundamental na hora de escolher o alimento a ser consumido (HOUPPT et al. 1978; HOUPPT et al. 1982; HOUPPT e SMITH 1981; BRADSHAW, 1991; BRADSHAW, 2006; HOROWITZ et al. 2013; HALL et al., 2017;). Entretanto, são encontradas poucas informações publicadas sobre quais odores os cães realmente acham atrativos e se esses odores aumentam a palatabilidade e a ingestão de alimentos (HALL et al., 2017). Apesar do BC reduzir consumo em aves (PINEDA-QUIROGA et al., 2017), neste trabalho, os cães apresentaram consumo acima do mínimo exigido pelo FEDIAF (2016). Hesta, Arnouts e Janssens (2008), não acharam diferenças significativas no consumo ao alimentar cães com BS. Nos resultados encontrados no presente estudo, não houve diferenças entre digestibilidade dos nutrientes quando foi adicionado BC, com relação aos demais tratamentos ($p>0,10$) (Tabela 4). Estes resultados corroboram com Hesta, Arnouts e Janssens (2008), que utilizaram a suplementação com butirato, BS, em dieta para cães.

Uma possível explicação para a ausência de efeito do butirato sobre a digestibilidade dos ingredientes quando suplementado em dietas para cães pode estar relacionado a qualidade dos produtos utilizados no alimento teste. Geralmente, em experimentos com cães e gatos são utilizados alimentos extrusados (TRAN et al., 2008), enquanto para animais de produção

geralmente são utilizados ingredientes sem o mesmo grau de processamento. O alimento extrusado é submetido à umidade, pressão, alta temperatura e cisalhamento mecânico, estes processos podem modificar as características dos produtos extrusados, aumentando a digestibilidade ou a utilização de nutrientes como proteínas, carboidratos, lipídios e vitaminas. Os farelos utilizados na produção não passam por um processo similar que deixe o alimento mais susceptível a digestão. Assim, o butirato pode ter um efeito trófico no intestino de cães, uma vez que ele é prontamente absorvido no intestino e utilizado como fonte de energia para as células do colón (NRC, 2006; HESTA; ARNOOTS; JANSSENS, 2008), contudo, a digestibilidade pode permanecer inalterada devido à qualidade do alimento extrusado.

Escore Fecal

Com relação aos valores obtidos para o escore fecal (Tabela 5), percebe-se que não houve diferença em relação ao controle em nenhum dos tratamentos estudados ($p>0,05$). Estes dados estão de acordo com os resultados encontrados para a digestibilidade, onde não houve diferença significativa nos valores encontrados de CDAMS (Tabela 4).

Tabela 5 - Escore fecal dos cães.

Escore Fecal	Tratamentos ¹					EPM	p-valor ³
	T0 ²	T1 ²	T2 ²	T3 ²	T4 ²		
	3,57	3,68	3,58	3,50	3,57	0,03	0,1982

*EPM = Erro Médio Padrão

¹ Tratamentos:

T0: Sem adição de aditivos (dieta controle);

T1: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita;

T2: dieta controle + 0,75% zeólita clinoptilolita + 0,1% de YSE;

T3: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos;

T4: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio.

² Média do escore fecal dos tratamentos (9 animais)

³ p-valor obtido através da ANOVA

Os resultados encontrados neste estudo foram similares ao trabalho de Santos et al. (2013), Dos Reis et al (2018) e Santos et al. (2011), que não detectaram diferenças no escore fecal de cães e gatos, respectivamente, ao trabalharem com a suplementação de zeólita e YSE. Contudo, são mencionados na literatura, trabalhos que demonstram que a zeólita e YSE são capazes de melhorar a consistência das fezes (FELIX et al., 2009; MAIA et al., 2010; ROQUE et al., 2013; CHEN et al., 2021). Maia et al. (2010) menciona que as zeólitas têm grande capacidade higroscópica, e por isso seus efeitos na consistência fecal são mais efetivos que o extrato de YSE. Embora, tanto a adição de zeólita quanto a adição de YSE influenciam positivamente ou não na consistência das fezes. Pode-se inferir que a ausência de melhora no

escore pela ação da zeólita e YSE ocorreu devido à dieta controle não ocasionar diminuição no escore fecal dos animais.

Como se sabe os β -glucanos provenientes de cereais como aveia e cevada, atuam como fibra solúvel aumentando a viscosidade da dieta. Devido ao aumento de água nas fezes, ocorre o aumento do bolo fecal e a diminuição da consistência das fezes (FERREIRA et al., 2018). Contudo, resultados diferentes são encontrados para os β -glucanos de leveduras e algas, justamente por estes não apresentarem efeito similar a fibra (Tabela 5). Traughber et al. (2020), não detectaram diminuição do escore fecal ao trabalhar com 150 ppm β -glucano derivado de levedura. Estes resultados corroboram com os resultados encontrados neste estudo, e com Middelbos et al. (2007) que não encontraram diferenças no escore fecal com a inclusão de diferentes doses de parede celular de levedura.

Encontram-se na literatura trabalhos em que a utilização de sais de butirato podem melhorar características fecais de leitões (HUANG et al., 2015; SILVA et al., 2020). É explicado nestes trabalhos que a redução da incidência de diarreia ocorre principalmente, pela mudança no microbioma intestinal, diminuição da permeabilidade do intestino delgado, aumento da expressão de ocludinas intestinais, ocasionando menos inflamação intestinal (HUANG et al. 2015). Contudo, os resultados encontrados sugerem que em cães a inclusão do butirato não gera efeitos deletérios nem benéficos com relação a consistência das fezes. Os resultados encontrados neste estudo corroboram com Hesta, Arnouts e Janssens (2008), que não encontram diferenças na quantidade e na consistência das fezes dos cães suplementados com butirato de sódio na inclusão de 0,5% de BS.

Ácidos Graxos Cadeia Curta

Foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nas características do pH fecal, nas porções individuais de acetato (Tabela 6). Os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram menor valor de pH quando comparados ao T0 e T3, mas não diferiram estatisticamente entre si. O T3 foi identificado como significativamente igual ao T2 e T0. Os valores do pH podem ser associados aos valores encontrados dos AGCC, pois estes diminuem o pH do colón, favorecendo o aumento de bactérias benéficas, como *Bidobacterium* e *Lactobacillus*, e diminuição de bactérias patogênicas, como *Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*. (CUMMINGS et al, 2004; MYINT et al, 2017; SUCHODOLSK et al, 2012; ALSHAWAQFEH et al, 2017; PALMQVIST et al, 2020).

Tabela 6 - Quantificação fecal de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) e pH em cães.

Variáveis	Tratamentos ¹					EPM	p-Valor ³
	T0 ²	T1 ²	T2 ²	T3 ²	T4 ²		
Acetato (µmol/g)	269,09 ^B	292,94 ^{AB}	267,48 ^B	262,75 ^B	325,20 ^A	8,53	0,0467
Propionato (µmol/g)	153,00 ^b	184,48 ^a	169,86 ^b	170,26 ^{ab}	188,80 ^a	5,34	0,0768
Butirato (µmol/g)	80,97	73,68	75,09	80,23	75,16	4,49	0,8067
AGCC totais (µmol/g) ⁴	503,06 ^b	551,10 ^{ab}	512,43 ^b	513,24 ^b	589,16 ^a	14,94	0,0840
Isobutirato (µmol/g)	6,33	5,94	5,85	6,41	7,10	0,26	0,6231
Valerato (µmol/g)	3,30	3,28	3,80	3,01	3,08	0,38	0,9032
Isovalerato (µmol/g)	10,13	9,29	9,79	10,39	11,10	0,26	0,6707
AGCR totais ⁴ (µmol/g)	19,76	18,51	19,44	19,81	21,28	0,38	0,7352
pH	6,44 ^A	6,07 ^C	6,15 ^{BC}	6,28 ^{AB}	6,08 ^C	0,03	0,0002

*EPM = Erro Médio Padrão

¹Tratamentos:

T0: Sem adição de aditivos (dieta controle);

T1: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita;

T2: dieta controle + 0,75% zeólita clinoptilolita + 0,1% de YSE;

T3: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β-Glucanos;

T4: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β-Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio.

²Média do escore fecal dos tratamentos (9 animais)³p-valor obtido através da ANOVA⁴AGCC: Soma dos valores médios encontrados para os ácidos acético, propionato e butirato.⁵AGCR: Soma dos valores médios encontrados para os ácidos isobutírico, valerato e isovalerato;

Média seguida de letra MAIUSCULA na linha se difere, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Duncan;

Média seguida de letra minúscula na linha se difere, ao nível de 10% de probabilidade, pelo teste Duncan;

Sobre os valores fecais encontrados para a concentração de acetato (Tabela 6), observa-se que o T4, o maior valor encontrado, não diferiu do T1. E, tanto T1, quanto T2 e T3 não apresentaram diferenças estatísticas quando compara ao T0. Além disso, foi observada uma tendência ($p < 0,10$) nos valores encontrados para propionato fecal e AGCC totais. Com relação ao propionato entende-se que os valores encontrados nas fezes para o T4, foram semelhantes aos encontrados nos T1 e T3. Finalmente, para a característica AGCC totais foi observado que os animais alimentados com as dietas T4 e T1 tenderam a defecar maiores concentrações de AGCC, em comparação aos demais tratamentos ($p < 0,10$).

Estudos relatam que em torno de 10% dos AGCC são excretados nas fezes (MCNEIL et al., 1978; RUPPIN et al., 1980; ROEDIGER; MOORE, 1981). Isto indica que os valores encontrados destes compostos nas fezes podem estar relacionados a maior produção deste no intestino grosso. Desta forma, o pH mais ácido, a maior presença do acetato e propionato e, por consequência, de AGCC totais nas fezes dos cães que foram alimentados com a dieta T1, pode ser indício de que a suplementação com ZC tem a capacidade de modificar o microbioma intestinal dos cães. Miller e Wolin (1979) relatam que o gênero *Bacteroides*, *Selenomonas*, *Succinivibrio*, *Succinomonas* são gêneros bacterianos que produzem principalmente acetato e propionato. Den Besten et al. (2013) ressaltam que a produção de acetato e propionato está intimamente relacionada ao filo Bacteroidetes.

Corroborando com esta afirmação, Sabbioni et al., (2016), trabalharam com a adição de 5 g/kg de zeólita em dietas para cães e constataram que houve redução de bactérias do gênero *Escherichia*, *Klebsiella*, e *Hafnia* que apresentam um potencial patogênico, e o aumento na abundância relativa de *Lactobacillus ssp.* bem como *Bifidobacterium ssp.*, bactérias produtoras de AGCC, que sobrevivem em um pH mais ácido. É discutido no trabalho que as zeólitas têm alta capacidade adsorptiva (SABBIONI et al., 2016) e podem carrear as bactérias patogênicas (WU et al., 2013).

O tratamento T2 obteve resultados similares ao controle em relação a concentração fecal de AGCC (Tabela 6), estes resultados corroboram com Pinna et al., (2017) e Vierbaum et al. (2019) que analisaram o efeito do extrato de YSE nos metabólitos da fermentação em cães, e constataram que o extrato de YSE não modificou a concentração dos AGCC. A inclusão do YSE pode ter influenciado negativamente a produção de metabólitos advindo da fermentação intestinal quando comparado com T1. Uma diminuição de acetato ocorreu quando YSE foi utilizada em estudo *in vitro* com metabólitos fecais de gatos (PINNA et al., 2017). Portanto, a inclusão de YSE pode afetar negativamente na produção de AGCC no IG de animais.

A utilização β -glucano derivado de algas na dieta dos cães não apresentou diferenças estatísticas quando comparado ao tratamento controle para as características de pH, acetato, propionato e AGCC totais (Tabela 6). Os mesmos resultados foram encontrados por Traugher et al. (2020) que trabalharam com uma dieta que incluía 150 ppm β -glucano derivado de levedura. Na literatura é estabelecido que diferentemente da ação dos β -glucanos de cereais, que possuem ação probiótica no IG (LAM et al., 2018), β -glucanos que possuem cadeia (1,3), ou seja, de fungos, leveduras e algas, são reconhecidos como ativadores do sistema imune, atuando, por exemplo, no receptor dectina-1 que gera a indução de citocinas e outros

mediadores inflamatórios (BROWN; GORDON, 2003; GANTNER et al., 2003). Esta informação corrobora com autores citados anteriormente, que sugerem que uma maior energia da dieta foi direcionada ao sistema imune das aves e isto pode ter culminado na ausência de resultados zootécnicos quando utilizaram β -glucanos derivados de levedura em aves (ZHANG et al., 2012a; ZHANG et al., 2012b; COX et al., 2010).

Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que o butirato atua aumentando a concentração de acetato e propionato nas fezes de cães (Tabela 6). Contudo, não foram observadas diferenças na concentração de butirato fecal entre os tratamentos ($p > 0,05$). Isto pode ser um indício que o butirato adicionado a dieta foi prontamente absorvido pelas células do colón. De Basten et al. (2013), relatam que o butirato é, preferencialmente, utilizado como fonte de energia para os colonócitos. Mas, o acetato também pode ser utilizado como fonte de energia, principalmente quando há baixas concentrações de butirato no IG. Portanto, a inclusão do BC na dieta, pode ter reduzido a utilização de acetato pelas células do colón, proporcionando uma maior concentração de acetato livre no IG e, conseqüentemente, uma maior excreção fecal deste composto.

O butirato, independente da sua conjugação salina, é um ingrediente utilizado em dietas de animais de produção, pois, aumenta a integridade do epitélio intestinal, serve como fonte de energia pelas células do colón, apresenta propriedade anti-inflamatórias, reduz do pH intestinal e tem a capacidade de modificar a microbiota do indivíduo (OCEJO et al., 2017; El-WAHAB et al., 2019). Contudo, Hesta, Arnouts e Janssens (2008) não constataram diferenças estatísticas com relação a concentração de AGCC quando o BS foi incluso na dieta dos cães. Uma possível explicação para que os resultados do presente estudo tenham sido diferentes dos encontrados por Hesta, Arnouts e Janssens (2008), pode estar relacionado à sinergia entre zeólita e o butirato de cálcio. Como explicado anteriormente, as zeólitas possuem a capacidade adsorver bactérias patogênicas, podendo otimizar a ação do butirato no IG. Levando em consideração que os resultados encontrados neste estudo não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos T1 e T4, a utilização do butirato passa a ser dispensável, uma vez que apenas com a inclusão da zeólita, os cães apresentam maior concentração fecal de AGCC.

Produtos da fermentação intestinal de proteínas e painel de odores

Não foram constadas diferenças significativas nas concentrações de AGCR, fenóis e indóis ($p > 0,05$) (Tabela 7). Para as concentrações fecais de amônio observou-se uma tendência ($p < 0,10$). Apesar do T4 ter apresentado maior valor numérico para amônio fecal, nenhum dos tratamentos testados foi diferente do controle. Os AGCR, amônia, fenóis e indóis são produzidos a partir da fermentação de proteínas no intestino grosso. Özogul, Hamed e Gokdogan (2015) relatam que *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila* e *Salmonella paratyphi* são capazes de produzir amônia e aminas biogênicas no IG de indivíduos. Além disso, bactérias do gênero *Clostridium* são também capazes de produzir AGCR, amônia (SMITH et al., 1997; KROUPINA; BÉMEUR; ROSE, 2022), fenóis e indóis (ANDRESEN; BAHL; GOTTSCHALK, 1989). Estes compostos são considerados deletérios em fezes de cães e gatos, principalmente por tornar as excretas mais fétidas (FLICKINGER et al., 2003; KUZMUK et al., 2005).

Tabela 7 - Quantificação fecal de amônia, fenóis e indol em cães.

Variáveis ($\mu\text{mol/g}$)	Tratamentos ¹					EPM*	p-Valor ³
	T0 ²	T1 ²	T2 ²	T3 ²	T4 ²		
Amônio ($\mu\text{mol/g}$)	1,24 ^{ab}	1,18 ^{ab}	1,01 ^b	1,04 ^b	1,37 ^a	0,04	0,0719
Fenol ($\mu\text{mol/g}$)	0,5356	0,3556	0,2813	0,3756	0,4163	0,03	0,1461
4-Metilfenol ($\mu\text{mol/g}$)	0,2238	0,3225	0,3038	0,3956	0,3538	0,02	0,2405
4-Etilfenol($\mu\text{mol/g}$)	2,4938	2,3700	2,2850	2,5067	2,5163	0,08	0,8878
Total Fenol ⁴ ($\mu\text{mol/g}$)	3,2532	3,0481	2,8701	3,2779	3,2864	0,11	0,6141
Indol ($\mu\text{mol/g}$)	1,0638	1,1856	0,9588	1,0822	1,3911	0,07	0,3972
Fenol/Indol ⁵ ($\mu\text{mol/g}$)	4,3170	4,2337	3,8289	4,3601	4,6775	0,18	0,3107

*EPM = Erro Médio Padrão

¹ Tratamentos:

T0: Sem adição de aditivos (dieta controle);

T1: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita;

T2: dieta controle + 0,75% zeólita clinoptilolita + 0,1% de YSE;

T3: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos;

T4: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio.

² Média do escore fecal dos tratamentos (9 animais).

³ p-valor obtido através da ANOVA.

⁴ Total Fenol: Soma dos valores médios encontrados para as variáveis fenol, 4-methylphenol e 4-ethylphenol.

⁵ Fenol/Indol: Soma dos valores médios encontrados para as variáveis fenol, 4-methylphenol, 4-ethylphenol e indol.

Média seguida de letra minúscula na linha se difere, ao nível de 10% de probabilidade, pelo teste Duncan;

Os resultados demonstram que a adição de ZC e YSE neste estudo não reduziram a concentração de amônio com relação ao controle (Tabela 7). Estes resultados corroboram com Paßlack e Zentek (2018) que não encontraram redução da concentração do amônio nas fezes ao trabalhar com zeólita em dietas para gatos. Pinna et al. (2017), também não encontraram diferença na concentração de amônio ao trabalhar com YSE em um experimento *in vitro* utilizando fezes de gatos. Contudo, é descrito na literatura que estes compostos têm grande ação na diminuição dos compostos amônia e amônio. As moléculas de amônia/amônio são carregadas positivamente e as zeólitas apresentam sítios carregados negativamente (AIYUK et al., 2004; ENGLERT; RUBIO, 2005; NAHLI et al., 2017), fato que gera grande afinidade entre estas moléculas. Desta forma, as zeólitas são amplamente utilizadas para redução na emissão de amônia/amônio, são descritas melhoras na qualidade cama de frangos (ÇABUK et al., 2004; LI et al., 2008; NIKILAKAKIS et al., 2013), redução da emissão de amônia em fezes de suínos (ISLAM et al., 2014), redução *in vitro* de amônio e amônia (ÖZOGUL.; HAMED; GOKDOGAN, 2015), odor fecal de cães (MAIA et al., 2010) e gatos (ROQUE et al., 2011).

Headon e Daeson (1990), relatam que a YSE tem a capacidade de se ligar à amônia, reduzindo assim a emissão deste composto ao ambiente. Paray et al. (2021), debruçam sobre o assunto e concluem que a porção glicol da molécula tem afinidade de ligação com as moléculas de amônia. Corroborando com estes autores, Chen et al. (2021) relatam que o YSE tem a capacidade de impedir a conversão do nitrogênio amoniacal em amônia. Desta forma, o YSE também é empregado na redução da emissão de amônia em suínos (AMON et al. 1995; HONG et al., 2001), redução *in vitro* de amônio e amônia (PINNA et al., 2017) e redução do odor de fezes de cães (DOS REIS et al., 2016).

Dos Reis et al. (2016) relatam que a ação de YSE em dietas com 21% de PB não foi significativa, enquanto para as dietas que continham 29% de PB foi constatado redução do odor com a inclusão de 500 ppm de YSE. Os autores ainda ressaltam que as doses de 250, e 500 mg/kg diminuíram a concentração de amônia nas fezes dos cães. Este trabalho indica que a concentração de proteína na dieta pode interferir diretamente na ação da YSE na redução de compostos advindos da fermentação proteica no IG.

O principal mecanismo para ocorra a diminuição da produção de amônia/amônio, quando é adicionado butirato, é a modificação do microbioma intestinal (WANG et al., 2016; FRIED et al., 2017; SONG et al., 2017; XU et al., 2021; LIU et al., 2022). Contudo, através dos resultados encontrados no presente estudo, constata-se que a ação do butirato no TGI de cães

não apresentou efeito similar ao descrito pelos autores supracitados. Como mencionado anteriormente, até o momento, só foi encontrado apenas um estudo que avaliou a adição de butirato na dieta de cães (HESTA; ARNOUITS; JANSSENS, 2008), e este não avaliou a ação deste composto na concentração de amônio fecal. Os dados encontrados no presente estudo demonstram que o butirato de cálcio diminuiu o pH e aumentou a quantidade de AGCC em relação ao tratamento controle (Tabela 6), contudo, esta mudança no ambiente intestinal pareceu não favorecer a diminuição da concentração de amônio nas fezes (Tabela 7). Xu et al., (2021) testaram a adição de diferentes doses BS (0,015%, 0,030% e 0,150%) sob os produtos da fermentação em um experimento *in vitro* utilizando fezes de suínos. Apenas a dose de 0,030% reduziu a concentração de amônia e sulfeto de hidrogênio produzido pelo processo fermentativo. É relatado também que a dose 0,15% de BS não apresentou diferenças estáticas com relação ao grupo controle. Isto pode indicar que existe um valor ótimo de inclusão de butirato para que ocorra o efeito na redução da amônia.

Vale ressaltar que a concentração de amônio fecal foi significativamente maior no T4, do que no T2 e T3. Isto pode indicar que a ação tanto da ZC, quanto da ZC combinada YSE, pode ter sido mais efetiva sem a associação como butirato de cálcio, para a redução na concentração de amônio nas fezes dos cães. Uma possível razão para este efeito pode estar relacionada a capacidade de troca catiônica (CTC) das zeólitas (LUZ, 1995), que pode estar carreando os cátions de cálcio, após a dissociação do butirato, e reduzindo a capitação de moléculas de amônio. Contudo, para afirmar que este processo esteja ocorrendo é necessário realizar a análise quantitativa de cálcio nas fezes dos cães. Santos et al. (2013) constataram aumento significativo na excreção de cálcio a partir da adição de 0.5%, 0.75% e principalmente, 1.0% de zeólita.

Os resultados encontrados neste estudo demonstram que a suplementação β -glucanos, oriundo de algas, apresentou para as características pH e AGCC totais valores semelhante ao controle (Tabela 6). Como dito anteriormente, valores de pH mais altos estão associados a degradação proteica, e uma possível explicação para estes resultados encontrados pode estar associada a ação dos microrganismos possuírem a capacidade de fermentar a proteína presente nos β -glucanos resultando em maior concentração de metabólitos da degradação proteica do que de AGCC (RÖSCH et al.,2016). Os resultados encontrados para amônio fecal também corroboram com este resultado, uma vez que não houve diferenças entre o T0 e o T3 (Tabela 7).

Quadro 1 -Comparação do odor de fezes de cães adultos.

Contrastes ¹	Odor Fecal			p-Valor ²
	Superior	Igual	Inferior	
T0xT1*	49	25	19	<0,005
Porcentagem	52,69%	26,88%	20,43%	
T0xT2*	49	20	24	<0,005
Porcentagem	52,69%	21,51%	25,81%	
T0xT3*	40	21	32	>0,005
Porcentagem	43,01%	22,58%	34,41%	
T0xT4*	29	27	37	>0,005
Porcentagem	31,18%	29,03%	39,78%	
T1xT2*	22	31	40	>0,005
Porcentagem	23,66%	33,33%	43,01%	
T1xT3*	20	33	40	>0,005
Porcentagem	21,51%	35,48%	43,01%	
T1xT4*	26	22	45	>0,005
Porcentagem	27,96%	23,66%	48,39%	
T2xT3*	22	29	42	>0,005
Porcentagem	23,66%	31,18%	45,16%	
T2xT4*	11	24	58	<0,005
Porcentagem	11,83%	25,81%	62,37%	
T3xT4*	37	19	37	>0,005
Porcentagem	39,78%	20,43%	39,78%	

¹Tratamentos:

T0: Sem adição de aditivos (dieta controle);

T1: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita;

T2: dieta controle + 0,75% zeólita clinoptilolita + 0,1% de YSE;

T3: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos;

T4: dieta controle + 0,75% de zeólita clinoptilolita + 0,1% YSE + 0,03% de β -Glucanos + 0,5% de butirato de cálcio.

² p-Valor obtido pelo Teste de **McNemar** para amostras pareadas;

*Interpreta-se as amostras de acordo com o tratamento em negrito. Exemplo: **T0xT1** – 49 pessoas votaram que o odor da amostra **T0** é superior em relação a amostra **T1**; 25 pessoas votaram que o odor da amostra **T0** é igual ao odor da amostra **T1**; 19 pessoas votaram que o odor da amostra **T0** é inferior em relação a amostra **T1**;

Com relação aos contrastes feito no painel de odores destaca-se que efeito significativo entre os contrastes T0xT1, T0xT2 e T2xT4 (Quadro 1). Assim, observa-se que o odor das fezes do tratamento T0 foi considerado mais fétido quando comparadas as tratamento T1 e T2. As fezes obtidas pelo T2 também foram consideradas menos fétidas que as vezes dos animais alimentados pelo T4. Os resultados deste estudo demonstram que a ZC e a YSE, associadas ou não, foram efetivas na redução de odor fecal. Diversos autores descreveram resultados semelhantes quando utilizaram a zeólita (MAIA et al., 2010; ROQUE et al., 2011) e quando utilizaram YSE (LOWE; KERSHAW, 1997; ROQUE et al., 2011; DOS REIS et al. 2016).

O tratamento controle apresentou pH maior que os demais tratamentos, exceto o T3 (Tabela 6). Isto é um indicativo que no ambiente intestinal há menor presença de AGCC e maior presença de componentes oriundos da degradação proteica, uma vez que o pH intestinal aumenta com a adição de proteínas na dieta (EPHRAM et al, 2020). Além dos compostos analisados neste estudo (amônio, fenóis e indóis) a degradação de proteínas por bactérias no IG gera dióxido de carbono, metano, aminas biogênicas, como a cadaverina, histamina, putrescina

e feniletilamina (FLICKINGER et al., 2003; KUZMUK et al., 2005). Estes compostos citados, também são responsáveis por aumentar o odor fecal. Em um estudo, *in vitro*, foi avaliado a ação das zeólitas na redução da produção de amônia e poliaminas. Os resultados demonstram que a adição de ZC reduziu a concentração de amônia e cadaverina de forma efetiva em várias espécies bacterianas (ÖZOGUL.; HAMED; GOKDOGAN, 2015). Estes resultados corroboram com Paßlack e Zentek (2018) que também encontraram redução de poliaminas ao empregar zeólitas em dietas para gatos.

Foram avaliados a utilização de compostos que contêm saponinas (YSE e taninos de castanha) em um experimento *in vitro* utilizando fezes de cães e gatos. Os resultados demonstram que o YSE, assim como nos resultados obtidos neste, não reduziram as concentrações de amônia, mas diminuíram significativamente as concentrações de cadaverina quando foi utilizada fezes de gatos com substrato para fermentação. No experimento que utilizou como substrato fezes de cães, o tanino de castanha sozinho e associado com YSE, também diminuiu a concentração de cadaverina em solução (PINNA et al., 2017). Isto indica que ZC e YSE, apesar de não diminuir significativamente os níveis de amônia nas fezes quando comparados a T0, podem ter efeitos significativos na redução dos níveis de amins biogênicas, principalmente na cadaverina. Logo, a ZC e YSE podem ocasionar a redução no odor fecal constatados pelos participantes do teste de painel de odores. Com relação a diferença significativa de odor encontrada entre o T2 e o T4, observa-se que o T4 apresenta níveis significativamente maiores de amônio que o T2. Além disso, observa-se que o T4 apresentou maior composição de AGCC e segundo Moore, Jessop e Osborne (1987) os ácidos graxos de cadeia curta também podem influenciar na composição do odor fecal.

Os resultados demonstram que a inclusão de 0,75% ZC e 0,1% YSE têm efeitos significativos na redução de odor fecal, além disso as zeólitas podem proporcionar um melhor ambiente intestinal e, conseqüentemente, maior produção de AGCC. A utilização de 0,03% de β -glucanos oriundo de algas não gerou diferenças significativas na produção de AGCC, AGCR, amônia, fenóis e indóis. Contudo, não foi avaliado o efeito deste ingrediente na imunidade dos animais, devido a isso recomenda-se a realização de futuras análises que possam constatar os efeitos desse ingrediente no sistema imune para que este seja incluído no *blend* a ser utilizado para cães. A utilização de 0,05% de butirato de cálcio, não apresentou mudanças significativas na concentração de AGCC em comparação a inclusão de 0,75% zeólitas em dietas secas caninas. Além disso, pode gerar aumento do odor das fezes, fato que poderia incomodar os proprietários de cães. Portanto, o uso deste aditivo nas dietas para cães, não gerou nenhum

benefício aparente para as características estudadas, que justifique a sua implementação em alimentos secos e extrusados para cães.

REFERÊNCIAS

- Aiyuk, S., H. Xu, A. van Haandel, and W. Verstraete. 2004. Removal of ammonium nitrogen from pretreated domestic sewage using a natural ion exchanger. *Environmental Technology*. 25(11):1321-1330. doi: 10.1080/09593332508618377
- Alshawaqfeh, M., B. Wajid, Y. Minamoto, M. Markel, J. Lidbury, J. Steiner, E. Serpedin, and J.S. Suchodolski. 2017. A dysbiosis index to assess microbial changes in fecal samples of dogs with chronic inflammatory enteropathy. *FEMS Microbiol. Ecol.* 93(11). doi: 10.1093/femsec/fix136
- Amon, M., M. Dobeic, R. W. Sneath, V. R. Phillips, T. H. Misselbrook, and B. F. Pain. 1995. A farm scale study on the use of De-Odorase® for reducing odour and ammonia emissions from intensive fattening piggeries. *Bioresource Technology*. 51(2-3):163-169. doi: 10.1016/S0960-8524(97)00005-9
- Andreesen, J. R., H. Bahl, and G. Gottschalk. 1989. Introduction to the physiology and biochemistry of the genus *Clostridium*. In: *Clostridia*. *Biotechnology Handbooks* 3, pp. 27-62. Edited by N. P. Minton & D. L. Clarke. New York: Plenum.
- Asplund, R., and S. Goodall. 1991. Urease inhibition by extracts and extract fractions from species of the plant genus *Yucca*. *J. Anim. Sci.* 69(1):113.
- Association Brazilian of The Pet Products Industry. (ABINPET). *Pet Food Brazil Manual*. 2019. Available: <https://abinpet.org.br/manual-pet-food-brasil-10-edicao/>. Accessed: 30 nov. 2021.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2006. *Official methods of analysis*. 17th ed. Gaithersburg (MD): AOAC.
- Bergero, D., I. Zoccarato, E. Tartari, and C. Sarra. 1995. Effects of dietary inclusion *Yucca schidigera* extract or phillipsite tuff on digestibility and performances of growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 3(4):187-190. doi: 10.4995/wrs.1995.261
- Bingham, R. 1975. *Yucca* plant saponin in the management of arthritis. *J. Appl. Nutrition*. 17:15-51.
- Bingham, R., D. H. Harries, and T. Laga. 1978. *Yucca* plant saponin in the treatment of hypertension and hypercholesterolemia. *J. Appl. Nutrition*. 30:127-136.
- Bradshaw, J. W. S. 1991. Sensory and experiential factors in the design of foods for domestic dogs and cats. *Proc. Nutr. Soc.* 50(1):99-106. doi: 10.1079/pns19910015
- Bradshaw, J. W. S. 2006. The evolutionary basis for the feeding behavior of domestic dogs (*Canis familiaris*) and cats (*Felis catus*). *J. Nutr.* 136 (7 Suppl):1927S-1931S. doi: 10.1093/jn/136.7.1927S
- Brown, G. D., and S. Gordon. 2003. Fungal β -glucans and mammalian immunity. *Immunity*. 19(3):311-315. doi: 10.1016/s1074-7613(03)00233-4

- Çabuk, M., A. Alçiçek, M. Bozkurt, and S. Akkan. 2004. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. *J. Poult. Sci.* 3(10):651-654. doi: 10.3923/ijps.2004.651.654
- Carciofi, A. C. 2008. Protein and carbohydrate ingredients for dogs and cats. *R. Bras. Zootec.* 37(spe):28-41. doi: 10.1590/S1516-35982008001300005
- Carciofi, A., E. Teshima, R. Bazolli, M. Brunetto, R. S. Vasconcellos, and L. D. de Oliveira. 2009. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. *R. Bras. de Saúde e Produção Animal.* 10(2). doi:
- Chae, B. J., J. D. Lohakare, W. K. Moon, S. L. Lee, Y. H. Park, and T. W. Hahn. 2006. Effects of supplementation of β -glucan on the growth performance and immunity in broilers. *Res. Vet. Sci.* 80(3):291-298. doi: 10.1016/j.rvsc.2005.07.008
- Chan, G. C.-F., W. K. Chan, and D. M.-Y Sze. 2009. The effects of β -glucan on human immune and cancer cells. *J. Hematol. Oncol.* 2:25. doi: 10.1186/1756-8722-2-25
- Chaney, A. L., and E. P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:130–132. doi:10.1093/clinchem/8.2.130
- Chen, F., Y. Lv, P. Zhu, C. Cui, C. Wu, J. Chen, S. Zhang, and W. Guan. 2021. Dietary *Yucca schidigera* Extract supplementation during late gestating and lactating sows improves animal performance, nutrient digestibility, and manure ammonia emission. *Front. Vet. Sci.* 665. doi: 10.3389/fvets.2021.676324
- Cox, C. M., L. H. Sumners, S. Kim, A. P. McElroy, M. R. Bedford, and R. A. Dalloul. 2010. Immune responses to dietary β -glucan in broiler chicks during an *Eimeria* challenge. *Poult. Sci.* 89(12):2597-2607. doi: 10.3382/ps.2010-00987
- Cummings, J. H., J.-M. Antoine, F. Azpiroz, R. Bourdet-Sicard, P. Brandtzaeg, P. C. Calder, G. R. Gibson, F. Guarner, E. Isolauri, D. Pannemans, et al. 2004. PASSCLAIM1—Gut health and immunity. *Eur. J. Nutr.* 43(2):ii118-ii173. doi: 10.1007/s00394-004-1205-4
- Den Besten, G., K. Van Eunen, A. K. Groen, K. Venema, D. J. Reijngoud, and B. M. Bakker. 2013. The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. *J. Lipid Research.* 54(9):2325-2340. doi: 10.1194/jlr.R036012
- Dos Reis, J. S., M. G. Zangerônimo, R. C. Ogoshi, J. França, A. C. Costa, T. N. Almeida, J. P. Dos Santos, C. P. Pires, A. F. Chizzotti, C. A. Leite, and F. M. Saad. 2016. Inclusion of *Yucca schidigera* extract in diets with different protein levels for dogs. *Anim. Sci. J.* 87(8):1019-1027. doi: 10.1111/asj.12535
- Ellenberger, M., W. Rumpler, D. Johnson, and S. Goodall. 1985. Evaluation of the extent of ruminal urease inhibition by sarsaponin and sarsaponin fractions. *J. Anim. Sci.* 61(Suppl 1):491-498.
- EL-Wahab, A. A., R. E. Mahmoud, M. F. E. Ahmed, and M. F. Salama. 2019. Effect of dietary supplementation of calcium butyrate on growth performance, carcass traits, intestinal health

and pro-inflammatory cytokines in Japanese quails. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 103(6):1768-1775. doi: 10.1111/jpn.13172

Englert, A. H., and J. Rubio. 2005. Characterization and environmental application of a Chilean natural zeolite. *International Journal of Mineral Processing.* 75:21-29. doi: 10.1016/j.minpro.2004.01.003

Ephraim, E., C.-Y. Cochrane, and D. E Jewell. 2020. Varying protein levels influence metabolomics and the gut microbiome in healthy adult dogs. *Toxins.* 12(8):517. doi: 10.3390/toxins12080517

Erwin, E. S., G. J. Marco, and E. M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44(9):1768–1771. doi:10.3168/jds.S0022-0302(61)89956-6

Félix, A. P., C. P. Zanatta, C. B. M. Brito, F. Y. Murakami, M. I. França, A. Maiorka, and J. S. Flemming. 2009. Suplementação de mananoligossacarídeos (MOS) e uma mistura de aluminossilicatos na qualidade das fezes de cães adultos. *Archives of Vet. Sci.* 14(1). doi: 10.5380/avs.v14i1.13229

Ferreira, L. G., M. Endrighi, K. G. Lisenko, M. R. D. De Oliveira, M. R. Damasceno, J. A. Claudino, P. G. Gutierrez, A. P. Peconick, F. M. O. B. Saad, and M. G. Zangeronimo. 2018. Oat beta-glucan as a dietary supplement for dogs. *PLOS one.* 13(7):e0201133. doi: 10.1371/journal.pone.0201133

Flickinger, E., E. Schreijen, A. Patil, H. Hussein, C. M. Griesshop, N. R. Mercen, and G. C. Fahey JR. 2003. Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected by fructan supplementation of dog diets. *J. Anim. Sci.* 81(8):2008-2018. doi: 10.2527/2003.8182008x

Fried, D. E., R. E. Watson, S. C. Robson, and B. D Gulbransen. 2017. Ammonia modifies enteric neuromuscular transmission through glial γ -aminobutyric acid signaling. *Am. J. Physiol-Gastrointestinal and Liver Physiol.* 313(6):G570-G580. doi: 10.1152/ajpgi.00154.2017

Gantner, B. N., R. M. Simmons, S. J. Canavera, S. Akira, and D. M. Underhill. 2003. Collaborative induction of inflammatory responses by dectin-1 and Toll-like receptor 2. *J. Exp. Med.* 197(9):1107-1117. doi: 10.1084/jem.20021787

Goodall, S. R., and F. M. Byers. 1978. Automated micro method for enzymatic L (+) and D(-) lactic acid determinations in biological fluids containing cellular extracts. *Anal. Biochem.* 89(1):80–86. doi:10.1016/0003-2697(78)90728-5

Gümüş, E., S. Küçükersan, A. G. Bayraktaroğlu, and T. Sel. 2020. Effect of dietary supplementation of some natural antioxidants and coated calcium butyrate on carcass traits, some serum biochemical parameters, lipid peroxidation in meat and intestinal histomorphology in broilers. *Veteriner Fakültesi Dergisi.* 68(3):237-244. doi: 10.33988/auvfd.680747

- Hahn, T. W., J. D. Lohakare, S. L. Lee, W. K. Lua, and Chae B. J. .2006. Effects of supplementation of β -glucans on growth performance, nutrient digestibility, and immunity in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 84(6):1422-1428. doi: 10.2527/2006.8461422x
- Hajati, H., and M. Rezaei. 2010. The application of prebiotics in poultry production. *International J. Poult. Sci.* 9(3):298-304. doi: 10.3923/ijps.2010.298.304
- Hall, N. J., F. Péron, S. Cambou, L. Callejon, and C. D. L. Wynne. 2017. Food and food-odor preferences in dogs: a pilot study. *Chemical Senses.* 42(4):361-370. doi: 10.1093/chemse/bjx016
- Hang, I., R. M. Heilmann, N. Grützner, J. S. Suchodolski, J. M. Steiner, F. Atroshi, S. Sankari, A. Kettunen, W. M. de Vos, J. Zentek, and T. Spillmann. 2013. Impact of diets with a high content of greaves-meal protein or carbohydrates on faecal characteristics, volatile fatty acids and faecal calprotectin concentrations in healthy dogs. *BMC Vet. Research.* 9(1):1-8. doi: 10.1186/1746-6148-9-201
- Headon, D., and K. Dawson. 1990. Yucca extract controls atmospheric ammonia levels. *Feedstuffs.* 62(29):15-16.
- Hesta, M., S. Arnouts, and G. Janssens. 2008. Dietary supplementation of coated butyrate in healthy dogs: effect on apparent digestibility, faecal flora and faecal volatile fatty acids. *Veterinari Medicina.* 53(3): 147. doi: 10.17221/1941-VETMED
- Hong, J., I. Kim, T. Moon, O. Kwon, S. H. Lee, and Y. G. Kim. 2001. Effects of yucca extract and (or) far infrared emitted materials supplementation on the growth performance, serum characteristics and ammonia production of growing and finishing pigs. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 14(9):1299-1303.
- Horowitz, A., J. Hecht, and A. Dedrick. 2013. Smelling more or less: Investigating the olfactory experience of the domestic dog. *Learning and motivation.* 44(4): 207-217. doi: 10.1016/j.lmot.2013.02.002
- Houpt, K. A., and S. L. Smith. 1981. Taste preferences and their relation to obesity in dogs and cats. *Can. Vet. J.* 22(4):77–85.
- Houpt, K. A., P. P. Davis, and H. F. Hintz. 1982. Effect of peripheral anosmia in dogs trained as flavor validators. *American J. Vet. Research.* 43(5): 841-843.
- Houpt, K. A., H. F. Hintz, and P. Shepherd. 1978. The role of olfaction in canine food preferences. *Chemical Senses.* 3(3):281-290. doi: 10.1093/chemse/3.3.281
- Huang, C., P. Song, P. Fan, C. Hou, P. Thacker, and X. Ma. 2015. Dietary sodium butyrate decreases postweaning diarrhea by modulating intestinal permeability and changing the bacterial communities in weaned piglets. *The J. Nutrition.* 145(12):2774-2780. doi: 10.3945/jn.115.217406

- Hussain, I., and P. R. Cheeke. 1995. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood profiles of steers fed concentrate-or roughage-based diets. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 51(3-4):231-242. doi: 10.1016/0377-8401(94)00694-5
- Islam, M. M., S. T. Ahmed, S. G. Kim, H. S. Mun, and C. J. Yang. 2014. Dietary effect of artificial zeolite on performance, immunity, faecal microflora concentration and noxious gas emissions in pigs. *Italian J. Anim. Sci.* 13(4):3404, 2014. doi: 10.4081/ijas.2014.3404
- Jayachandran, M., J. Chen, S. S. M. Chung, and B. XU. 2018. A critical review on the impacts of β -glucans on gut microbiota and human health. *J. Nutr. biochem.* 61:101-110. doi: 10.1016/j.jnutbio.2018.06.010
- Johnson, I., J. M. Gee, K. Price, C. Curl, and G. R. Fenwick. 1986. Influence of saponins on gut permeability and active nutrient transport in vitro. *J. Nutr.* 116(11):2270-2277. doi: 10.1093/jn/116.11.2270
- Kerwin, A. L., C. M. Ryan, B. M. Leno, M. Jakobsen, P. Theilgaard, D. M. Barbano, and T. R. Overton. 2019. Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 102(6):5191-5207. doi: 10.3168/jds.2019-16272
- Kroupina, K., C. Bémeur, and C. F. Rose. 2022. Amino acids, ammonia, and hepatic encephalopathy. *Analytical biochemistry.* 649:114696. doi: doi.org/10.1016/j.ab.2022.114696
- Kuzmuk, K. N., K. S. Swanson, K. A. Tappenden, L. B. Schook, and G. C. Fahey Jr. 2005. Diet and Age Affect Intestinal Morphology and Large Bowel Fermentative End-Product Concentrations in Senior and Young Adult Dogs. *J. Nutr.* 135:1940-1945. doi: 10.1093/jn/135.8.1940
- Laflamme, D. P. 1997. Development and validation of a body condition score system for cats: a clinical tool. *Feline Pract.* 25:13–18. doi:
- Lam, K. L., H. Y. Keung, K. C. Ko, H. S. Kwan, and P. C. K. Cheung. 2018. In vitro fermentation of beta-glucans and other selected carbohydrates by infant fecal inoculum: An evaluation of their potential as prebiotics in infant formula. *Bioactive carbohydrates and dietary fibre.* 14:20-24. doi: 10.1016/j.bcdf.2017.07.009
- Li, H., H. Xin, Y. Liang, and R. T. Burns. 2008. Reduction of ammonia emissions from stored laying hen manure through topical application of zeolite, Al+ Clear, Ferix-3, or poultry litter treatment. *J. Applied Poult. Research.* 17(4):421-431. doi: 10.3382/japr.2007-00076
- Liu, S., J. Hu, L. Li, S. Xing, Y. Yang, and X. Liao. 2022. Sodium butyrate reduces ammonia production in the cecum of laying hens by regulating ammonia-producing bacteria. *Poult. Sci.* 102241. doi: 10.1016/j.psj.2022.102241
- Lowe, J., and S. Kershaw. 1997. The ameliorating effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal aroma. *Research in Vet. Sci.* 63(1):61-66. doi: 10.1016/s0034-5288(97)90159-4

Lowndes, F. G., T. T. Sabchuk, L. W. Risolia, A. P. Félix, A. Maiorka, and S. G. De Oliveira. 2019. Zeolite inclusion in dog extruded diets: Digestibility, fecal characteristics, and palatability. *Semina: Ciências Agrárias*. 40(6):2673-2682. doi: 10.5433/1679-0359.2019v40n6p2673

Luz, A. B. *Zeólitas: propriedades e usos industriais*. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, p.35, 1995.

Maia, G. V. C., F. M. O. B. Saad, N. C. Roque, J. França, L. M. S. Lima, and A. A. Aquino. 2010. Zeolites and *Yucca schidigera* in commercial ration for dogs: Palatability, digestibility and reduction of fecal odors. *R. Bras. Zootec.* 39(11):2442-2446. doi: 10.1590/S1516-35982010001100017

McNeil, N. I., J. H. Cummings, and W. P. James. 1978. Short chain fatty acid absorption by the human large intestine. *Gut*. 19(9):819-822, 1978. doi: 10.1136/gut.19.9.819

Middelbos, I., M. Godoy, N. Fastinger, and G. Fahey Jr. 2007. A dose-response evaluation of spray-dried yeast cell wall supplementation of diets fed to adult dogs: effects on nutrient digestibility, immune indices, and fecal microbial populations. *J. Anim. Sci.* 85(11):3022-3032. doi: 10.2527/jas.2007-0079

Miller, T. L., and M. J. Wolin. 1979. Fermentations by saccharolytic intestinal bacteria. *American J. Clinical Nutr.* 32(1):164-172. doi: 10.1093/ajcn/32.1.164

Moore, J., L. Jessop, and D. 1987. Osborne. Gas-chromatographic and mass-spectrometric analysis of the odor of human feces. *Gastroenterology*. 93(6):1321-1329.

Morales, A. A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, p. 198, 1994

National Research Council (NRC). 2006. Nutrient requirements of dogs and cats. 2nd ed. Washington (DC): National Academy Press.

Nikolakakis, I., V. Dots, A. Kargopoulos, L. Hatzizisis, D. Dots, and Z. Ampas. 2013. Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on the performance and litter quality of broiler chickens. *Turkish J. Vet. and Anim. Sci.* 37(6):682-686. doi: 10.3906/vet-1212-9

Ocejo, M., B. Oporto, R. A. Juste, and A. Hurtado. 2017. Effects of dry whey powder and calcium butyrate supplementation of corn/soybean-based diets on productive performance, duodenal histological integrity, and *Campylobacter* colonization in broilers. *BMC Veterinary Research*. 13(1):1-11. doi: 10.1186/s12917-017-1121-5

Özogul, F., I. Hamed, and S. Gokdogan. 2016. The impact of natural clinoptilolite on ammonia, cadaverine and other polyamine formation by food-borne pathogen in lysine decarboxylase broth. *LWT-Food Sci. and Technol.* 65:703-710. doi: 10.1016/j.lwt.2015.08.072

Pablack, N.; Zentek, J. 2018. Effects of dietary arginine, ornithine, and zeolite supplementation on uremic toxins in cats. *Toxins*. 10: 206. Doi: 10.3390/toxins10050206

- Palmqvist, H., S. Ringmark, K. Höglund, E. Pelve, T. Lundh, and J. Dicksved. 2022. Effects of rye inclusion in dog food on fecal microbiota and short-chain fatty acids. Europe PMC. doi: 10.21203/rs.3.rs-1411694/v1
- Paray, B. A., M. F. El-Basuini, M. Alagawany, M. F. Albeshr, M. A. Farah, and M. A. Dawood. 2021. *Yucca schidigera* usage for healthy aquatic animals: Potential roles for sustainability. *Animals*. 11(1):93. doi: 10.3390/ani11010093
- Pineda-Quiroga, C., R. Atxaerandio, R. Ruiz, and A. García-Rodríguez. 2017. Effects of dry whey powder alone or combined with calcium butyrate on productive performance, duodenal morphometry, nutrient digestibility, and ceca bacteria counts of broiler chickens. *Livestock Science*. 206:65-70. doi: 10.1016/j.livsci.2017.10.001
- Pinna, C., C. G. Vecchiato, C. Bolduan, M. Grandi, C. Stefanelli, W. Windisch, G. Zaghini, and G. Biagi. 2018. Influence of dietary protein and fructooligosaccharides on fecal fermentative end-products, fecal bacterial populations and apparent total tract digestibility in dogs. *BMC Veterinary Research*. 14(1):1-10. doi: 10.1186/s12917-018-1436-x
- Preston, R., S. Bartle, T. May, and S. Goodall. 1987. Influence of sarsaponin on growth, feed and nitrogen utilization in growing male rats fed diets with added urea or protein. *J. Anim. Sci.* 65(2):481-487. doi: 10.2527/jas1987.652481x
- Qaisrani, S., M. Van Krimpen, R. Kwakkel, M. Verstegen, and W. H. Hendriks. 2015. Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. *Poult. Sci.* 94(9):2152-2164. doi: 10.3382/ps/pev003
- Roediger, W. E. W., and A. Moore. 1981. Effect of short-chain fatty acid on sodium absorption in isolated human colon perfused through the vascular bed. *Digestive Diseases and Sci.* 26(2):100-106. doi: 10.1007/BF01312224
- Roque, N. C. Níveis de zeólita (clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em alimentos de gatos adultos. 2009. 86 f. - Departamento de Zootecina, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Roque, N. C., F. M. O. B. Saad, J. P. F. Dos Santos, F. S. Ebina, A. F. Chizzotti, R. C. Silva, A. A. Aquino, and G. V. C. Maia. 2011. Increasing levels of zeolite and *Yucca schidigera* in diets for adult cats. *R. Bras. Zootec.* 40(11):2471-2475. doi: 10.1590/S1516-35982011001100027
- Rösch, C., M. Meijerink, R. J. B. M. Delahaije, N. Taverne, H. Gruppen, J. M. Wells, and H. A Schols. 2016. Immunomodulatory properties of oat and barley β -glucan populations on bone marrow derived dendritic cells. *J. Functional Foods*. 26:279-289. doi: 10.1016/j.jff.2016.07.023
- Ruppin, H. S. Bar-Meir, K. H. Soergel, C. M. Madeira, M. G. Schmitt Jr. 1980. Absorption of short-chain fatty acids by the colon. *Gastroenterology*. 78(6):1500-1507.
- Sabbioni, A., C. Ferrario, C. Milani, L. Mancabelli, E. Riccardi, F. Di Ianni, V. Beretti, P. Superchi, and M. C. Ossiprandi. 2016. Modulation of the bifidobacterial communities of the dog microbiota by zeolite. *Front. in Microbiology*. 7. doi: 10.3389/fmicb.2016.01491

Santos, J. P. F., F. M. O. B. Saad, G. V. C. Maia, C. P. Pires, J. S. Reis, N. C. Roque, A. A. Aquino, and M. A. Brunetto. 2013. Inclusion of *Yucca schidigera* and zeolite in dog feed: Influence on mineral excretion. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 65(3):918-926. doi: 10.1590/S0102-09352013000300042

Santos, J. P. F., F. M. O. B. Saad, R. C. S. Ogoshi, J. S. Reis, et al. 2016. Inclusion of *Yucca schidigera* extract and zeolite in the diet and its relationship to the apparent digestibility of nutrients and urinary pH in adult dogs. *Ciência Rural*. 46(8):1456-1459. doi:

Silva, C., C. Dias, M. Callegari, A. Bridi, R. K. S. Santos, F. G. Luiggi, V. L. Santos, and J. B. Silva. 2020. Prebiotics and butyric acid can replace colistin as a growth promoter for nursery piglets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 72:1449-1457. doi: 10.1590/1678-4162-11596

Singer, M., P. Robinson, A. Salem, and E. Depeters. 2008. Impacts of rumen fluid modified by feeding *Yucca schidigera* to lactating dairy cows on in vitro gas production of 11 common dairy feedstuffs, as well as animal performance. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 146(3-4):242-258. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.12.010

Smith, E. A., and G. Macfarlane. 1997. Dissimilatory amino acid metabolism in human colonic bacteria. *Anaerobe*. 3(5):327-337. doi: 10.1006/anae.1997.0121

Song, B., H. Li, Y. Wu, W. Zhen, Z. Wang, X. Zhaofei, and G. Yuming. 2017. Effect of microencapsulated sodium butyrate dietary supplementation on growth performance and intestinal barrier function of broiler chickens infected with necrotic enteritis. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 232:6-15. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.07.009

Suchodolski, J. S., M. E. Markel, J. F. Garcia-Mazcorro, S. Unterer, R. M. Heilmann, S. E. Dowd, P. Kachroo, I. Ivanov, Y. Minamoto, E. M. Dillman, et al. 2012. The Fecal Microbiome in Dogs with Acute Diarrhea and Idiopathic Inflammatory Bowel Disease. *PLoS One*. 7(12): e51907. doi: 10.1371/journal.pone.0051907

The European Pet Food Industry Federation. (FEDIAF). Nutritional guidelines. 2016. Available: <https://europeanpetfood.org/self-regulation/nutritional-guidelines/>. Accessed: 30 nov 2021

Tran, Q. D., W. H. Hendriks, and A. F. B. Van Der. 2008. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *J. Sci. Food and Agriculture*. 88(9):1487-1493. doi: 10.1002/jsfa.3247

Traughber, Z. T., F. He, J. M. Hoke, G. M. Davenport, S. L. Rodriguez-Zas, B. R. Southey, and M. R. C. de Godoy. 2021. Ancient grains as novel dietary carbohydrate sources in canine diets. *J. Anim. Sci.* 99(6):skab080. doi: 10.1093/jas/skab080

Wang, A., Y. Wang, X. Di Liao, Y. Wu, J. B. Liang, V. Laudadio, and V. Tufarelli. 2016. Sodium butyrate mitigates in vitro ammonia generation in cecal content of laying hens. *Environ. Sci. and Pollution Research*. 23(16):16272-16279. doi: 10.1007/s11356-016-6777-z

Wu, Q. J., L. C. Wang, Y. M. Zhou, J. F. Zhang, and T. Wang. 2013. Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. *Poult. Sci.* 92(3):684-692. doi: 10.3382/ps.2012-02308

Xu, Y., J. Li, Z. Guo, and D. Hua. 2020. English, Effects of zeolite and chicken manure on the growth of soybean and rapeseed. IOP Publishing Ltd. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85091042591&doi=10.1088%2f1755-1315%2f514%2f5%2f052047&partnerID=40&md5=96516bcd20232d9c83ac9065b72f9ca>. Accessed: 25 April 2020.

Zentek, J. R., S. Frice, M. Hewicker-Trautwein, B. Ehinger, G. Amtsberg, and C. Baums. 2004. Dietary protein source and manufacturing processes affect macronutrient digestibility, fecal consistency, and presence of fecal *Clostridium perfringens* in adult dogs. *J. Nutr.* 134(8): 2158S-2161S. doi: 10.1093/jn/134.8.2158S

Zhang, S., J. Ou, Z. Luo, and E. K. Kim. 2020. Effect of dietary β -1, 3-glucan supplementation and heat stress on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, organ weight, ileum microbiota, and immunity in broilers. *Poult. Sci.* 99(10):4969-4977. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.036

Zhang, Z. F., T. X. Zhou, X. Ao, and I. S. Kim. 2012b. Effects of β -glucan and *Bacillus subtilis* on growth performance, blood profiles, relative organ weight and meat quality in broilers fed maize–soybean meal based diets. *Livestock Science.* 150(1-3):419-424. doi: 10.1016/j.livsci.2012.10.003

Zhang, Z. Y., G. Q. Jia, J. J. Zuo, Y. Zhang, J. Lei, L. Ren, and D. Y. Feng. 2012a. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. *Poult. Sci.* 91(11):2931-2937. doi: 10.3382/ps.2012-02255

APÊNDICE A – Questionário painel de odores



Análise Sensorial Fezes
2º Período
 Núcleo de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia



Nome: _____	Data: ___/___/___
ANÁLISE SENSORIAL DO ODOR DE FEZES DE CÃES	
<p>Você está diante de 10 mesas com duas caixinhas de isopor em cada, que estarão enumeradas com os números 1 e 2. Compare a amostra 1 com a amostra 2 (se é MELHOR, PIOR ou IGUAL) em relação ao ODOR APENAS, avaliando o grau de diferença com relação à escala abaixo:</p>	
<p>1- Odor da amostra 1 é inferior a amostra 2 (AMOSTRA 2 É MAIS FÉTIDA); 2- Odor da amostra 1 é semelhante a amostra 2; 3- Odor da amostra 1 é superior a amostra 2 (AMOSTRA 1 É MAIS FÉTIDA);</p>	
Número da Mesa	Valor dado
1	_____
2	_____
3	_____
4	_____
5	_____
6	_____
7	_____
8	_____
9	_____
10	_____