

Este trabalho descreve os efeitos da utilização de inulina como melhorador de crescimento de frangos de corte submetidos a um desafio com *Clostridium perfringens* e suas consequências sobre o desempenho e a qualidade da carne.

Orientador: Marcel Manente Boiago

Pinhalzinho, 2019

ANO
2019

ANDRÉIA GUARAGNI | IMPACTOS DA INULINA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE
CORTE DESAFIADOS COM *Clostridium perfringens* SOBRE DESEMPENHO E
QUALIDADE DE CARNE



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE - CEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**IMPACTOS DA INULINA NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE
CORTE DESAFIADOS COM
Clostridium perfringens SOBRE
DESEMPENHO E QUALIDADE DE
CARNE**

ANDRÉIA GUARAGNI

PINHALZINHO, 2019

ANDRÉIA GUARAGNI

**IMPACTOS DA INULINA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE
DESAFIADOS COM *Clostridium perfringens* SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE
DE CARNE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia em Alimentos, da Universidade do
Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção
de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr. Marcel Manente Boiago

**Pinhalzinho, SC
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Guaragni, Andréia
IMPACTOS DA INULINA NA ALIMENTAÇÃO DE
FRANGOS DE CORTE DESAFIADOS COM *Clostridium*
perfringens SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE
/ Andréia Guaragni. -- 2019.
52 p.

Orientador: Marcel Manente Boiago
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Chapecó,
2019.

1. Lincomincina. 2. Peroxidação lipídica. 3. Prebiótico. I.
Manente Boiago, Marcel. II. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Universidade do Estado de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

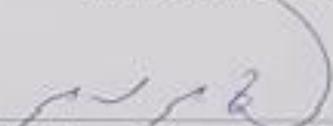
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**IMPACTOS DA INULINA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE
DESAFIADOS COM *Clostridium perfringens* SOBRE DESEMPENHO E
QUALIDADE DE CARNE**

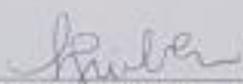
Elaborada por
Andréia Guaragni

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcel Manente Boiago – UDESC/CEO
Orientador



Profa. Dra. Letícia Griebler – UNOESC/Xarxerê



Prof. Dr. Aleksandro Schafer da Silva – UDESC/CEO

Pinhalzinho, 25 de julho de 2019

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela dádiva da vida, por me fazer perfeita aos seus olhos, por me conservar sempre com saúde e por ser meu pilar nos momentos difíceis.

Em segundo lugar, mas não menos importante, agradeço aos meus pais Claudemir Guaragni e Sirlei Aparecida Cardoso, por cumprirem o papel da paternidade de maneira excepcional, principalmente por me amarem de maneira incondicional, me guiarem, me incentivarem e me oportunizarem com a melhor educação sempre! Jamais conseguirei retribuir o tanto que me fizeram e ainda irão me fazer, mas quero que saibam que tudo é por vocês!

Aos demais familiares e aos meus amigos por sempre me apoiarem, incentivarem, darem forças e principalmente compreenderem a minha ausência devido aos momentos de estudo.

A Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC pela oportunidade de cursar uma pós-graduação de maneira gratuita e de qualidade.

Agradeço imensamente meu Orientador Professor Dr. Marcel Manente Boiago, por todos os conhecimentos divididos em suas disciplinas e nas orientações, por ser um exemplo de profissional, sempre buscando o melhor para a instituição e para os cursos, através de recursos e estratégias para oportunizar “o novo” aos acadêmicos. Estendo meus agradecimentos a todos os seus alunos, acadêmicos da zootecnia, em especial do grupo de avicultura – GEAVI, que me auxiliaram em todas as etapas práticas deste estudo, sendo essenciais para a conclusão deste!

Aos meus colegas de mestrado, por todos os momentos vividos e conhecimentos divididos, em especial a colega Cristina Henrique de Oliveira, por tantos momentos, conhecimentos, trabalhos, histórias e angústias divididas que já ultrapassaram a fase de coleguismo e se tornaram amizade!

Agradeço profundamente a Associação dos Pequenos Agricultores do Oeste Catarinense – APACO e a todos os meus colegas de trabalho, pelo incentivo de sempre na busca do conhecimento, me oportunizando cursar mais esta pós-graduação.

Por fim, a todos que de alguma maneira ou outra contribuíram para a efetivação deste trabalho e para a conclusão de mais esta etapa em minha vida.

Minha eterna gratidão!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.” (Marthin Luther King)

RESUMO

O uso de antibióticos como melhoradores de crescimento na criação de frangos de corte teve início na década de 50, contudo, a partir de 2006, com as proibições impostas pela União Europeia e mais recentemente restrições no Brasil, produtos alternativos vêm sendo estudados em busca de uma substituição efetiva. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da utilização de inulina, como melhorador de crescimento, na dieta de frangos de corte submetidos a um desafio com *Clostridium perfringens* ($4,0 \times 10^8$ UFC) e suas consequências sobre o desempenho e qualidade da carne do peito. Foram utilizados 320 pintainhos machos da linhagem Cobb distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições cada, conforme segue: T1: tratamento controle, dieta basal; T2: dieta basal + desafio aos 21 dias por *C. perfringens* via oral; T3: dieta basal + desafio aos 21 dias por *C. perfringens* via oral + 25 mg/kg de inulina; T4: dieta basal + desafio aos 21 dias por *C. perfringens* via oral + 4,4 mg/kg de lincomicina. As aves foram criadas até os 42 dias de vida e abatidas em um frigorífico comercial. Foram avaliadas as variáveis de desempenho e de qualidade de carne pH, coloração, força de cisalhamento, peroxidação lipídica (TBARS), capacidade de retenção de água, perda por cozimento e perda por descongelamento. Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos para desempenho, pH, coloração, força de cisalhamento e perda por cozimento, contudo o desafio por *C. perfringens* reduziu a peroxidação lipídica dos grupos inoculados (T2, T3 e T4) em relação ao grupo controle ($P < 0,001$). Os tratamentos T2 e T4 apresentaram diferença estatística entre si ($P < 0,026$) para análise de perda por descongelamento. Conclui-se que a inulina pode substituir os antibióticos como promotores de crescimento, sem causar alterações na qualidade da carne. O desafio por *C. perfringens* não prejudicou o desempenho das aves, porém, ocasionou menor peroxidação lipídica da carne do peito.

Palavras-chave: Lincomicina. Peroxidação lipídica. Prebiótico.

ABSTRACT

The use of antibiotics as growth promoters in broiler breeding began in the 1950's, however, since 2006, with the prohibitions imposed by the European Union and more recently restrictions in Brazil, alternative products have been studied to be an effective replacement. The objective of this study was to evaluate the effects of the use of antibiotic and an alternative product based on inulin as growth promoters on the diet of broilers challenged by *Clostridium perfringens* (4.0×10^8 CFU) and its consequences on the performance and quality of breast meat. A total of 320 male Cobb chicks were distributed in a completely randomized design with four treatments and four replicates each, as follows: T1 - control treatment, basal diet without any type of supplementation; T2: basal diet + challenge at 21 days with *Clostridium perfringens*; T3: basal diet + challenge at 21 days with *Clostridium perfringens* + 1000 mg/kg of inulin as growth promoter; T4: basal diet + challenge at 21 days with *Clostridium perfringens* + 4.4 mg/kg of lincomycin. The birds were reared up to 42 days of age and slaughtered in a commercial slaughter house. The variables of performance and meat quality (pH, color, shear force, lipid peroxidation, water-holding capacity, cooking and thaw loss) were evaluated. There was no significant difference ($P < 0.05$) between treatments for performance, pH, color, shear force and cooking loss, however the challenge by *Clostridium perfringens* reduced the lipid oxidation of the inoculated groups ($P < 0.001$), and the treatments T2 and T4 showed a statistical difference between them ($P < 0.026$), for thawing loss analysis. We concluded that inulin can replace antibiotics as growth promoters without causing changes in the meat quality. The challenge by *C. perfringens* did not affect the performance of the chicks, but caused lower lipid peroxidation of the breast meat.

Key words: Lincomycin. Lipid peroxidation. Prebiotic.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1	9
1.1	INTRODUÇÃO	9
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	11
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	11
1.3	SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA	11
1.3.1	<i>Uso de antibióticos como melhoradores de crescimento na indústria avícola</i>	12
1.3.2	<i>Substâncias alternativas aos antibióticos</i>	14
1.3.2.1	Probiótico	16
1.3.2.2	Prebióticos	18
1.3.2.2.1	Inulina	19
1.3.3	<i>Uso de prebióticos e inulina sobre qualidade da carne de frango para consumo</i>	21
1.3.4	<i>Clostridiose na avicultura, seus efeitos na saúde animal e na qualidade da carne para consumo</i>	24
2	CAPÍTULO 2	27
2.1	INTRODUÇÃO	27
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	28
2.2.1	<i>Material Biológico</i>	28
2.2.2	<i>Tratamentos</i>	29
2.2.3	<i>Parâmetros de desempenho das aves</i>	29
2.2.4	<i>Características físico-químicas da carne</i>	30
2.2.4.1	pH	30
2.2.4.2	Coloração	30
2.2.4.3	Capacidade de retenção de água	31
2.2.4.4	Perda por cozimento	31
2.2.4.5	Força de cisalhamento	31
2.2.4.6	Perda por descongelamento	31
2.2.4.7	Peroxidação lipídica - TBARS	32
2.2.5	<i>Análise estatística</i>	32
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
2.4	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 CAPÍTULO 1

Neste capítulo será apresentada uma breve introdução ao tema, bem como os objetivos do trabalho e uma síntese bibliográfica sobre o assunto abordado para a descrição desta dissertação.

1.1 INTRODUÇÃO

A carne de frango tem aumentado sua relevância como fonte de proteína nas últimas décadas, e uma das principais razões que impulsionam o sucesso da carne de aves é a percepção do seu perfil nutricional. O Brasil se encontra entre os maiores produtores de carne de frango, reconhecido internacionalmente como “Celeiro do Mundo”, e no ano de 2017 se assegurou como segundo maior produtor e primeiro maior exportador de carne de frango do mundo. A região sul do Brasil possui grande importância no cenário nacional de produção e exportação da carne de frango, sendo o estado de Santa Catarina o segundo maior produtor e também exportador deste produto a nível nacional (ABPA, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2018), os primeiros registros da avicultura brasileira datam de 1500, com a chegada dos portugueses e o descobrimento do Brasil. Inicialmente desenvolveu-se nas cidades litorâneas de maneira artesanal, posteriormente, devido ao crescimento populacional e econômico, passou a se desenvolver de maneira comercial. Ao longo dos anos, através do avanço na seleção genética, na nutrição e nas práticas agrícolas a produção de frangos de corte tornou-se mais eficiente, contribuindo significativamente para uma melhoria na taxa de crescimento, longevidade e saúde das aves, bem como qualidade de carcaça (BAILEY et al., 2015).

Em relação ao melhoramento no desempenho das aves, no ano de 1946 houve relato de efeitos benéficos da utilização de antimicrobianos como melhoradores de crescimento em animais de produção, sendo que em 1951 a Food and Drug Administration (FDA) aprovou a utilização de antimicrobianos como aditivos alimentares para animais, se tornando uma prática comum na agropecuária mundial (BROWN et al., 2016). Segundo Ronquillo e Hernandez (2017), os melhoradores de crescimento podem ser definidos como qualquer medicamento que, administrado em doses mais baixas chamadas de subterapêuticas, destrua ou iniba o crescimento bacteriano.

De acordo com Manafi et al. (2018), a disseminação da utilização dos melhoradores de crescimento, buscando altos níveis de produção associado ao baixo custo por lote, por muito tempo resultou no emprego de forma indiscriminada dos antimicrobianos, em especial os antibióticos, utilizados para fins de melhoramento. Esta utilização ocasionou discussões que divergem opiniões referentes ao seu residual em produtos de origem animal, bem como a possível resistência dos antibióticos em seres humanos e em animais de criação. Devido a estas questões vários países do mundo acabaram por proibir a utilização dos antibióticos na produção animal.

Com a retirada dos antibióticos da criação, patologias como a enterite necrótica, uma das principais patologias entéricas em aves causadas pela infecção por *Clostridium perfringens* voltaram à tona, desencadeando uma série de preocupações tanto aos criadores, pelos altos custos gerados para o controle e tratamento da doença, quanto aos consumidores, pela capacidade de transmissão do microrganismo aos humanos por meio da cadeia alimentar (LI et al., 2017). A partir deste quadro, produtos alternativos como extratos a base de plantas, óleos essenciais, ácidos orgânicos, probióticos, prebióticos, entre outros, receberam uma maior atenção como potentes alternativas na substituição de melhoradores de crescimento, devido aos seus efeitos benéficos em relação ao intestino do hospedeiro e no controle de doenças entéricas dos animais de criação, através de seus diferentes efeitos terapêuticos (MANAFI et al., 2018).

Prebióticos se apresentam como soluções passíveis de substituição aos antibióticos como melhoradores de crescimento em aves devido as suas capacidades de redução da colonização intestinal da microbiota patogênica, melhoria na digestibilidade de nutrientes e secreção de enzimas digestivas e principalmente por apresentar efeitos antimicrobianos, o que melhora a saúde e o desempenho animal (GAGGIÀ; MATTARELLI; BIAVATI, 2010).

A inulina é um prebiótico que está presente naturalmente em muitas plantas. É um carboidrato capaz de atingir o intestino grosso dos animais sem sofrer alterações e é fermentado por bactérias benéficas presentes na microbiota intestinal, que inibem o crescimento de bactérias patogênicas através da redução do pH neste ambiente. Seus efeitos podem melhorar o consumo de ração, ganho de peso e em consequência um melhor desempenho para o abate. É também capaz de fortalecer o sistema esquelético e melhorar a qualidade e a produção de ovos em galinhas de postura (BUCLAW, 2017).

Porém, poucos são os trabalhos que avaliaram possíveis efeitos dos prebióticos, em especial da inulina na qualidade da carne de frango. Desta forma a investigação deste tipo

específico de prebiótico e seus impactos sob a produção e a qualidade da carne se fazem necessária a fim de estimar a possibilidade alternativa de sua utilização aos antibióticos como melhorador de crescimento em frangos de corte.

1.2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos que nortearam esta pesquisa.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da utilização de inulina como melhorador de crescimento de frangos de corte submetidos a um desafio com *Clostridium perfringens* e suas consequências sobre o desempenho e a qualidade da carne.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Verificar se a utilização da inulina como melhorador de crescimento altera o desempenho e a qualidade da carne dos frangos.
- ✓ Verificar se o desafio aos frangos com *Clostridium perfringens* gera consequências negativas sobre o desempenho e qualidade da carne dos mesmos.

1.3 SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA

Nesta síntese bibliográfica serão abordados breves conceitos acerca da utilização de antibióticos como melhoradores de crescimento na indústria avícola, bem como possíveis alternativas para substituição dos mesmos, em especial fitonutrientes, probióticos e prebióticos, dando destaque a inulina e seus efeitos sobre a qualidade de carne de frango para consumo. Também serão descritos conceitos acerca do microrganismo *Clostridium perfringens* e seus efeitos em frangos de corte.

1.3.1 Uso de antibióticos como melhoradores de crescimento na indústria avícola

Essenciais para manutenção de uma saúde pública adequada, bem como qualidade de vida, milhares de diferentes compostos ativos farmacêuticos são utilizados em grandes quantidades para tratar e prevenir doenças tanto em humanos quanto em animais. Entre os vários compostos utilizados estão os antimicrobianos, que são capazes tanto de matar micro-organismos, quanto apenas de inibir o crescimento dos mesmos. Os antibióticos são antimicrobianos que atuam sobre bactérias e fungos, e são os compostos farmacêuticos que mais causam preocupação devido ao crescente uso e desenvolvimento de microrganismos resistentes, capazes de ofertar risco a saúde humana e animal (GRENNI; ANCONA; CARACCILO, 2018).

Segundo Ronquillo e Hernandez (2017), uma vasta gama de antibióticos naturais, sintéticos e semissintéticos estão disponíveis na linha veterinária, tendo seu uso destinado ao controle de doenças infecciosas, uso profilático para prevenção de doenças e como aditivo alimentar ou promotor de crescimento em várias áreas do setor de produção. Para melhorar o desempenho das aves, desde a década de 1950, antibióticos vem sendo utilizados como melhoradores de crescimento na produção de frangos de corte (MANAFI et al., 2018). Os benefícios foram descobertos, quando da utilização de subprodutos da fermentação de tetraciclina na alimentação de frangos, que por este motivo apresentaram uma taxa de crescimento mais elevada em comparação aos frangos não alimentados com o respectivo subproduto (RONQUILLO; HERNANDEZ, 2017).

O antibiótico é considerado um melhorador de crescimento, quando adicionado à ração animal, em doses mais baixas chamadas de subterapêuticas, com o intuito de promover o crescimento e aumentar a eficiência alimentar. Várias classes de antibióticos são utilizadas como melhoradores de crescimento, com diferentes mecanismos de ação, bactericidas ou bacteriostáticos. Caracterizar de forma efetiva o mecanismo de ação dos melhoradores de crescimento é um desafio devido à complexidade do trato intestinal dos animais e suas interações entre ambiente, bactérias e hospedeiros. Contudo, se descrevem duas principais dinâmicas, a de interação dos melhoradores de crescimento com a microbiota intestinal e a de interação com o hospedeiro (BROWN et al., 2016).

Ainda segundo Brown et al. (2016), a dinâmica de interação dos melhoradores de crescimento com a microbiota intestinal do animal propõe que as mudanças induzidas nessas

comunidades bacterianas levem ao crescimento e modulação das mesmas, criando um sistema mais eficiente, que pode incluir alteração de competição por nutrientes, prevenir a colonização de patógenos e/ou selecionar bactérias capazes de extrair maior energia da dieta. Já no caso da interação dos melhoradores de crescimento com o hospedeiro propõe-se que o intestino, sendo um importante órgão com função imunológica, está em constante estado de inflamação fisiológica controlada, e que através da administração de melhoradores de crescimento reduza resposta inflamatória e, portanto, a produção de citocinas pró-inflamatórias, dessa mucosa intestinal. Como consequência diminui-se os gastos metabólicos com resposta imunitária, permitindo que os gastos sejam mais dedicados aos processos anabólicos, ou seja, de desenvolvimento muscular (BROWN et al., 2016; GADDE et al., 2017a).

Contudo, o uso de antibióticos sempre foi ligado à apresentação de resistência, pois a sua utilização elimina células bacterianas suscetíveis, porém seleciona cepas capazes de continuar a crescer mesmo na presença do princípio ativo. Essas variantes resistentes se multiplicam e acabam por formar a população bacteriana predominante, capaz de transmitir a característica de resistência a sua prole. Alimentos, peixes e vegetais são caracterizados como grandes reservatórios de bactérias resistentes a antibióticos (FOUNOU; FOUNOU; ESSACK, 2016).

De acordo com Founou, Founou e Essack (2016), a disseminação da resistência aos antibióticos, principalmente em humanos, é o motivo principal pela opção da suspensão de sua utilização na produção animal em vários países. Esta disseminação pode acontecer através de bactérias resistentes de duas principais formas, contato direto e contato indireto. O contato direto ocorre após a exposição de seres humanos com animais e seus materiais biológicos contaminados como, urina, fezes, sangue, leite, sêmen e saliva, disseminando de forma rápida e fácil bactérias resistentes aos antibióticos do hospedeiro para o humano. Já o contato indireto se dá através do consumo de alimentos contaminados com bactérias resistentes, como carne, ovos, leite e derivados lácteos.

Considera-se também que uma grande parte do antibiótico não é transformada em compostos inativos, mantendo suas atividades, que se denominam como resíduos de antibióticos capazes de estarem contidos em alimentos, solos agrícolas, estrumes e águas residuais. Estes resíduos antibióticos levam a vários efeitos adversos para a saúde humana, como reações de hipersensibilidade alérgica, efeitos tóxicos, hepatotoxicidade, nefropatia, mutagenicidade,

carcinogenicidade e resistência aos antibióticos (FOUNOU; FOUNOU; ESSACK, 2016; RONQUILLO; HERNANDEZ, 2017).

Partindo-se destes pressupostos, a utilização de antibióticos como agentes melhoradores de crescimento em animais de produção foi proibida na União Europeia no ano de 2006 e como consequência uma cascata de proibições e restrições vem se demonstrando em outros países do mundo. Por conta disso, a busca por alternativas equivalentes aos antibióticos como melhoradores vem ganhando força em pesquisas ao longo dos anos (CHOWDHURY; MANDAL; PATRA, 2018).

1.3.2 Substâncias alternativas aos antibióticos

Com o aumento das restrições na utilização dos antibióticos como melhoradores de crescimento surgiu a necessidade de desenvolver estratégias alternativas, principalmente para o combate de doenças infecciosas em aves (KIM; LILLEHOJ, 2019). Um produto alternativo ideal para a substituição deve possuir os mesmos efeitos benéficos dos apresentados pelos antibióticos como agentes melhoradores de crescimento, portanto deve garantir o desempenho ideal dos animais, tendo impacto positivo na conversão alimentar e no crescimento, e aumentar a disponibilidade de nutrientes (GADDE et al., 2017a).

Várias classes alternativas vêm sendo estudadas para a substituição aos antibióticos na produção avícola, essas incluem prebióticos, probióticos, simbióticos, fitonutrientes (ervas e óleos essenciais), ácidos orgânicos, enzimas e minerais. Novas alternativas como anticorpos de gema de ovo hiperimune, bacteriófagos, peptídeos antimicrobianos e argila também vem sendo estudadas (GADDE et al., 2017a; KIM; LILLEHOJ, 2019).

Os fitonutrientes ou fitoquímicos são derivados de plantas capazes de melhorar as defesas do hospedeiro contra infecções microbianas, seus efeitos benéficos vêm sendo comprovados em diversos estudos. Incluem uma gama variada de extratos de ervas e de óleos essenciais como de, timol, carvacrol, cinamaldeído, cravo, coentro, anis estrelado, gengibre, alho, alecrim, açafraão, manjeriço, cominho, limão entre vários outros, que utilizados em separado ou associadamente demonstram melhorias na saúde e no desempenho dos animais de produção (KIM; LILLEHOJ, 2019).

O óleo de cravo foi aplicado por Hussein et al. (2018), em diferentes concentrações em codornas japonesas para avaliar seus efeitos como promotor de crescimento sobre o desempenho, características de carcaça, bioquímica sanguínea e microbiota intestinal dos animais. Além de ser utilizado na indústria por seu aroma especial, o óleo de cravo também possui atividades antimicrobianas, antissépticas, anti-inflamatórias, antioxidantes, estimulante do apetite e digestão. Concluiu-se que grupos tratados com 1,5 ml de óleo de cravo/kg de ração melhoraram tanto em desempenho dos animais como em características de carcaça, reduziu colesterol sérico e efeitos de oxidação de lipídios e foi capaz de reduzir bactérias patogênicas intestinais, podendo ser utilizado como alternativa aos melhoradores de crescimentos antimicrobianos.

Um mix de timol, carvacrol e cinamaldeído, foi avaliado em frangos de corte, na concentração de 0,5% e 1,0% por Reis et al. (2018), comprovando que estes compostos também possuem excelente função de promotor de crescimento. Os resultados demonstraram uma melhoria no peso vivo dos animais e na absorção de nutrientes a 0,5%, devido a um aumento na altura das vilosidades e profundidade das criptas intestinais. O mix também demonstrou efeitos antimicrobianos, reduzindo contagem microbiana intestinal e de ambiente quando da utilização de 1,0%, e efeitos hepatoprotetor através de menores níveis séricos de ALT e AST a 0,5%. Em contrapartida apresentou efeitos maléficos à qualidade da carne como aumento na intensidade de vermelho, força de cisalhamento e perda de peso por cozimento, necessitando de estudos complementares para avaliação dos efeitos destes compostos para qualidade da carne.

Efeitos benéficos semelhantes em relação ao desempenho de frangos de corte também foram avaliados em outros estudos com diferentes componentes fitoquímicos como, extrato de orégano a 0,2 g/kg, melhorando peso médio de 1 a 21 e de 21 a 42 dias e ganho médio diário de 21 a 42 dias de tratamento (FORTE et al., 2018). Óleo de canela a 0,3 g/kg, óleo de cravo a 0,6 g/kg e óleo de ajwain a 0,4 g/kg, foram avaliados separadamente em dietas de frangos de corte, e ao final de 39 dias, somente a dieta contendo óleo de canela foi responsável por aumentar o ganho médio diário, o peso médio e a eficiência alimentar das aves (CHOWDHURY; MANDAL; PATRA, 2018).

Frangos de cortes também foram julgados utilizando diferentes níveis de extrato de cebola em suas dietas. Divididos em quatro grupos (controle, 5, 7,5 e 10 g/kg) resultando em melhor ganho de peso das aves quando da utilização de 7,5 g/kg de extrato de cebola (ADITYA et al., 2017). Os compostos ativos dos fitoquímicos variam amplamente dependendo de fatores

intrínsecos quanto à parte da planta utilizada, a época de colheita e a origem geográfica, bem como de fatores extrínsecos como a técnica de produção. São capazes de apresentar propriedades biológicas antimicrobianas, antioxidantes, “anti-stress” e nutrigenômicos no desenvolvimento da imunidade, tornando-os atraentes para a utilização como substitutos dos melhoradores de crescimento a base de antibióticos (VALENZUELA-GRIJALVA et al., 2017).

1.3.2.1 Probiótico

Os probióticos estão ganhando forte aceitação como uma alternativa potencial para melhorar a eficiência na produção. São denominados como microrganismos vivos, representam uma abordagem nutricional não antibiótica, que quando aplicado em quantidade adequada é capaz de moldar a função intestinal e melhorar a saúde do hospedeiro. Uma variedade de espécies bacterianas, leveduras e culturas indefinidas vêm sendo testadas como probióticos e com efeitos de promotor de crescimento em aves de produção (KIM; LILLEHOJ, 2019).

Os micro-organismos mais utilizados como probióticos na maioria das vezes são bactérias gram-positivas dos gêneros *Bacillus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* (MARKOWIAK; ŚLIŻEWSKA, 2018). Já no caso das leveduras a mais utilizada e a única comercializada para uso humano é a *Saccharomyces cerevisiae*. Outras leveduras com propriedades probióticas pertencem ao gênero *Pichia*, *Metschnikowia*, *Yarrowia*, *Candida*, *Debaryomyces*, *Isaatchenkia*, *Kluyveromyces* (VOHRA; SYAL; MADAN, 2016).

Os probióticos podem conter uma ou mais cepas de microrganismos, podendo ser administrado de maneira isolada ou em combinação com outros aditivos, utilizados em ração ou água (GADDE et al., 2017a). A administração dos probióticos no período inicial da vida das aves demonstra grande valia devido à capacidade de criar um habitat intestinal favorável para si (GAGGIÀ; MATTARELLI; BIAVATI, 2010). A dose recomendada para a maioria das cepas probióticas é de 10^9 UFC/kg de ração (MARKOWIAK; ŚLIŻEWSKA, 2018).

Os mecanismos de ação dos probióticos sobre desempenho e a microbiota intestinal do hospedeiro ainda não foram completamente compreendidos e elucidados. Contudo propõe-se que os mesmos exerçam efeitos benéficos de equilíbrio da microflora intestinal e de regulação imunológica, através da constituição de um ambiente intestinal que favorece microrganismos benéficos e reduz a colonização de bactérias patogênicas, o que melhora a função intestinal e

mantém a homeostase de células epiteliais e função de barreira, aumentando síntese de mucina e promovendo respostas citoprotetoras. Também são capazes de aumentar atividade de enzimas digestivas e de reter nutrientes, bem como regulam respostas imunes intestinais reduzindo as citocinas pró-inflamatórias e promovendo resposta imune contra patógenos (GADDE et al., 2017a).

Bacillus subtilis utilizados como probióticos foram avaliados sobre o desempenho, modulação das respostas inflamatórias do hospedeiro e expressão gênica da barreira intestinal de frangos submetidos a desafio com lipopolissacarídeos (LPS) de *E. coli* O55:B5. As aves suplementadas com este probiótico evidenciaram aumento do ganho de peso, redução de resposta inflamatória quando exposta ao LPS, reduzindo citocinas pró-inflamatórias e concentrando energia em ganho de peso. Também apresentaram potencial de estabilizar a integridade do intestino em relação ao grupo controle (GADDE et al., 2017b).

Resultados semelhantes sobre a melhora do desempenho de frangos de corte utilizando *Bacillus subtilis* fmbJ também foram relatados por Bai et al. (2016), onde além da melhora significativa na conversão alimentar dos frangos, também constataram reduções de valores de malondialdeído sérico no fígado, reduções na perda por cozimento, perda por gotejamento e força de cisalhamento, demonstrando que a suplementação também é benéfica para a qualidade da carne de frangos de corte.

A administração de *Lactobacillus* via água e *Saccharomyces* via ração em frangos de corte foi avaliada para efeitos benéficos e imunomoduladores. Neste trabalho, constatou-se que ambos probióticos foram igualmente eficazes no melhoramento do desempenho dos animais em relação ao ganho de peso, no melhoramento de resposta protetora e na diminuição de índices de lesões intestinal e cecal nos frangos, quando desafiados com *Eimeria*, em comparação ao grupo controle; o qual não utilizou de nenhum tipo de promotor de crescimento (AWAIS et al., 2019).

Um organismo probiótico ideal não deve ser tóxico e nem patogênico, deve ser habitante normal da espécie alvo, ser capaz de suportar o processamento e armazenamento, sobreviver no ambiente ácido gástrico e aderir ao epitélio ou muco nos intestinos. Ainda deve produzir compostos antimicrobianos, modular respostas imunes, deve-se replicar em números altos, ter sobrevivência prolongada e também devem ser considerados seguros em relação aos humanos (GAGGIÀ; MATTARELLI; BIAVATI, 2010; VOHRA; SYAL; MADAN, 2016; GADDE et al., 2017a; KIM; LILLEHOJ, 2019).

Medidas para proteger os organismos durante a sua passagem pelo trato alimentar dos animais, como uma microencapsulação, também devem ser consideradas para garantir a viabilidade e a colonização no intestino (GADDE et al., 2017a; KIM; LILLEHOJ, 2019). Nos últimos anos, demonstrou-se que uma combinação de aditivos, por exemplo, pré e probióticos, podem ser sinérgicos obtendo uma melhoria nos efeitos pretendidos, sendo uma alternativa promissora para compensar as perdas de produção na ausência de melhoradores de crescimento de antibióticos (KIM; LILLEHOJ, 2019).

1.3.2.2 Prebióticos

Os prebióticos são definidos como componentes alimentares que não são digeridos e afetam benéficamente o hospedeiro, estimulando seletivamente o desenvolvimento e a atividade de um grupo específico de microrganismos intestinais. São basicamente derivados de plantas ou sintetizados por microrganismos. Uma variedade de polissacarídeos não amiláceos ou oligossacarídeos tem sido considerados como prebióticos, incluindo mananoligossacarídeo, frutooligossacarídeo, inulina, oligofrutose, galactooligossacarídeo, maltooligosacarídeo, lactulose, xilooligossacarídeo, soja-oligossacarídeo, isomaltooligossacarídeo e pirodextrinas (GADDE et al., 2017a).

Em geral, os prebióticos são fibras alimentares, que compõem os carboidratos, tanto oligossacarídeos como polissacarídeos, podendo ser divididos em dois grupos, solúveis e insolúveis. O primeiro grupo é capaz de promover saciedade, aumentando a viscosidade da digesta, levando a uma menor glicemia pós-prandial e resposta à insulina, com a diminuição da absorção de nutrientes na mucosa intestinal. Já a fibra insolúvel aumenta o volume fecal e reduz o tempo de trânsito gastrointestinal, devido à maior capacidade de retenção de água, sendo útil na prevenção e tratamento de diferentes distúrbios intestinais (GURPILHARES et al., 2018).

A característica mais importante de um prebiótico ideal é a capacidade de enriquecer microrganismos benéficos associados à saúde e ao bem-estar do hospedeiro, além de outras características como, resistência ao ambiente gástrico ácido, resistência às hidrólises enzimáticas intestinais e pancreáticas. A fermentação do substrato deve induzir efeitos luminiais e sistêmicos benéficos no hospedeiro (GAGGIÀ; MATTARELLI; BIAVATI, 2010; GADDE et al., 2017a; GURPILHARES et al., 2018).

Vários benefícios têm sido propostos à saúde do hospedeiro quando da utilização de prebióticos na dieta como, exclusão competitiva de patógenos na microbiota intestinal, produção de fatores antimicrobianos, estimulação do sistema imune adaptativo do hospedeiro e melhoria da estrutura morfológica do intestino (POURABEDIN; ZHAO, 2015). Apesar do fato de os prebióticos e probióticos ser alimentos funcionais distintos, existe um grande potencial para um efeito sinérgico, ao combiná-los apropriadamente, uma vez que os prebióticos promovem as atividades de crescimento dos probióticos (GURPILHARES et al., 2018).

Um produto simbiótico contendo *Saccharomyces cerevisiae*, *Enterococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, β -glucanos, mananoligossacáridos e frutooligossacáridos foi avaliado por Krueger et al. (2017), na concentração de 1,0 e 2,0 g/kg, para o desempenho de frangos de corte. De acordo com os autores citados, a fórmula do produto baseia-se na hipótese de exclusão competitiva, onde os prebióticos são destinados a promover a exclusão competitiva de patógenos entéricos; e em ambas as concentrações avaliadas no estudo demonstraram melhora no desempenho de crescimento e nas taxas de conversão alimentar em frangos de corte desafiados com *Clostridium perfringens*, porém não foi capaz de proteger o intestino dos animais contra lesões ocasionadas pelo agente patogênico em comparação ao grupo controle.

Azcarate-peril et al. (2018), avaliaram em seu estudo a utilização do galactooligossacarídeo como prebiótico para melhorar a resistência das aves à *Salmonella*, através de modificações na estrutura do microbioma intestinal de frangos de corte. Em sua avaliação concluíram que a suplementação com o prebiótico galactooligossacarídeo foi capaz de modificar a microbiota intestinal das aves, e de combater e eliminar de maneira mais rápida a infecção por *Salmonella*. A determinação de uma dosagem apropriada é essencial na utilização de prebióticos, visto que uma superdosagem deste produto pode ocasionar quadros negativos como diarreia. A grande vantagem desse tipo de fórmula é que ela pode ser utilizada por um longo período de tempo, não tendo nenhum efeito adverso como o observado com a utilização dos antibióticos (MARKOWIAK; ŚLIŻEWSKA, 2018).

1.3.2.2.1 Inulina

A inulina possui seu histórico de conhecimento desde 1804, é um carboidrato sintetizado nos tubérculos, bulbos e raízes de pelo menos dez famílias de plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas como, chicória, alcachofra de Jerusalém, cebola, alho, cevada, centeio e trigo. O rendimento da inulina depende do tempo de colheita, das condições climáticas, estratégias de cultivo, entre outros. Um maior teor de inulina pode ser alcançado, se as safras forem colhidas anualmente (SINGH; SINGH; LARROCHE, 2019). Este composto é um ingrediente intrínseco de muitos alimentos comuns aos humanos, sendo consumida na Europa desde o século XVI e em muitos países ocidentais e também orientais através do tubérculo de yacon. Uma ingestão diária média de inulina na dieta ocidental foi estimada em 1-10 g, sendo que na dieta europeia, o consumo de inulina é relativamente maior, de 3-11 g por dia (MEYER; BLAAUWHOED, 2009).

O composto é constituído de 2-60 unidades de frutose com uma molécula terminal de glicose, é um nome genérico que abrange todos os frutanos que são modificados quimicamente dependendo da sua fonte e do momento da colheita. Sua produção industrial iniciou em 1990 na Europa utilizando-se quase que exclusivamente raízes de chicória como matéria-prima, onde depois de lavar e cortar as raízes, as inulinas são extraídas com água quente e seguem por demais processos resultando em um suco de inulina refinado, que é concentrado por evaporação e seco por pulverização para obter um produto em pó, mais comumente comercializado (MEYER; BLAAUWHOED, 2009). Geralmente a inulina obtida de tubérculos, bulbos e raízes tuberosas podem ser facilmente extraída e processada para um produto purificado devido à ausência de componentes interferentes nestas porções da planta (SINGH; SINGH; LARROCHE, 2019).

A inulina é uma fibra solúvel fermentável, não digerida pelas enzimas intestinais e pancreáticas. No intestino grosso são fermentados por bactérias anaeróbias produzindo grande quantidade de ácidos graxos voláteis e tornam o pH do lúmen intestinal ácido, como consequência este incremento funciona de maneira seletiva onde as bactérias benéficas são resistentes em pH ácido e bactérias patogênicas são sensíveis a este meio. Destaca-se também a capacidade deste composto em regulação hormonal, em relação à produção de insulina e glucagon e seu impacto positivo na absorção de alguns minerais (BUCLAW, 2017).

Acredita-se também que as reações produzidas pela fermentação da inulina, como a produção de ácidos graxos de cadeia curta e lactato, não necessariamente sejam capaz de inibir totalmente os microrganismos patogênicos da microbiota intestinal e que muitas vezes somente

limitam certos fatores de virulência dos mesmos, sem diminuir seus números de colônias no intestino (RICKE, 2015).

Em um estudo Rebolé et al. (2010), examinaram os efeitos da inulina (10 e 20 g/kg) sobre o desempenho de crescimento, microflora ileal e cecal, ácidos graxos de cadeia curta cecal, ácido d-lático e histomorfologia do jejuno de frangos de corte alimentados com dieta à base de trigo e cevada. Constataram que as aves alimentadas com dietas contendo inulina demonstraram melhor ganho de peso corporal no período total do estudo, contendo 10 g/kg de inulina. Também confirmaram um efeito positivo e significativo nas contagens de bifidobactérias e lactobacilos nos conteúdos ileal e cecal, com alteração dos padrões de fermentação no ceco, aumentando a concentração de ácidos n-butírico e d-lático, em ambas as concentrações, porém a inulina dietética não foi capaz de promover nenhuma mudança histomorfológica no jejuno das aves.

Alzueta et al. (2010), avaliaram a utilização de vários níveis de inulina sobre o desempenho, digestibilidade ileal de proteína bruta, aminoácidos, amido, gordura bruta e ácidos graxos em frangos de corte machos, onde concluíram que o desempenho das aves não foi afetado por nenhum nível de utilização de inulina na dieta (0, 5, 10, 15 e 20 g/kg de ração), porém a inulina melhorou significativamente a digestibilidade ileal de proteína bruta, de gordura bruta, da maioria dos aminoácidos e dos principais ácidos graxos (ácidos oleico e linoleico), nas concentrações de 5 a 20 g/kg.

Dados publicados sobre a resposta da inulina dietética em frangos de corte são muito limitados e contraditórios, principalmente pelo fato de que os parâmetros de produção de frangos estão sujeitos a vários fatores genéticos e ambientais como, a fonte de inulina utilizada, o seu nível de inclusão na dieta, o tipo de dieta, as características dos animais, a higiene, as condições de criação e o estresse ambiental. Tais fatores citados podem influenciar nos resultados finais obtidos e devem ser levados em consideração no momento da interpretação dos mesmos (BUCLAW, 2017).

1.3.3 Uso de prebióticos e inulina sobre qualidade da carne de frango para consumo

A produção de carne é baseada em aves de corte jovens e altamente produtivas, caracterizadas por elevados ganhos de peso corporal, boa conversão alimentar, rápido crescimento das penas, conformação e elevados rendimentos de carcaça (BUCLAW, 2017). A

utilização de moduladores, através da dieta dos frangos de corte, está sendo cada vez mais aplicada a fim de modificar a microbiota intestinal e de desenvolver efeitos benéficos à saúde do hospedeiro, trazendo como consequência ganhos mais expressivos para a qualidade dos frangos para consumo (YADAV; JHA, 2019).

A utilização de prebióticos como a inulina na dieta de frangos é capaz de aumentar a secreção e a eficácia das enzimas digestivas, devido à presença de seus componentes estruturais, que elevam a atividade da moela e o tempo de retenção das partículas no trato gastrintestinal (TGI). Esta retenção no TGI possibilita um aumento na fermentação bacteriana, que por sua vez reduz o pH intestinal, já esta redução do pH intestinal juntamente com o aumento da secreção do HCl podem gerar efeitos antimicrobianos a algumas bactérias patogênicas que habitam o trato digestivo e como consequência gerar um aumento da colonização por bactérias benéficas (KHERAVII et al., 2018).

A administração da inulina dietética, isolada ou em combinações, juntamente com a predominância de bactérias benéficas em frangos de corte, demonstra, em estudos, efeitos positivos sobre o desempenho das aves, sobre o desenvolvimento e manutenção da microbiota intestinal benéfica, sobre a maior produção de ácidos graxos de cadeia curta como acetato, propionato, butirato e lactato, sobre a melhora na utilização de nutrientes e na imunidade intestinal dos animais, sobre o status antioxidante (em poedeiras) (TAYERI et al., 2018; KAREEM et al., 2016; REBOLÉ et al., 2010; ALZUETA et al., 2010; HUANG et al., 2015; SHANG et al., 2018). Porém, poucos são os estudos que relatam a influencia da administração da inulina na dieta de frangos de corte sobre a qualidade final da carne para consumo.

Os efeitos de *Lactobacillus acidophilus* simples e microencapsulado com e sem utilização de inulina a 0,1% foram avaliados sobre a qualidade da carne de frango por Poorbaghi et al. (2016), que concluíram que o probiótico em simbiose com a inulina simples ou encapsulados são capazes de reduzir o conteúdo lipídico da carne, aumentar a capacidade de retenção de água, matéria seca, cinzas e proteínas, reduzir perda por gotejamento e vermelhidão da carne de frango para consumo.

A utilização de prebióticos injetados diretamente nos ovos para posterior avaliação das características de qualidade do frango e da carne para consumo vem sendo comumente estudada. Dankowiakowska et al. (2019), avaliaram a injeção de inulina, 1,760 mg, simples ou em simbiose com *Lactococcus lactis* spp. em ovos de aves Ross 308 e constataram que, após o abate dos

frangos aos 32 dias de idade, o ganho médio diário, consumo diário de ração e a conversão alimentar dos grupos não foram afetados pelos tratamentos, mas a inulina em simbiose ocasionou maior peso médio corporal nas aves. Valores maiores de pH foram encontradas na carne dos grupos injetados com inulina.

Outros prebióticos, injetados diretamente em ovos, também vêm sendo testados para efeitos na qualidade da carne de frango. Maiorano et al. (2017), avaliaram dois diferentes simbióticos comerciais, sendo um composto por *Laminaria* spp., extrato contendo laminarina e fucoidan na dose de 0,88 mg/embrião e outro contendo transgalactooligossacarídeos com *Bifidobacterium bifidum* na dose de 3,5 mg/embrião. Em seus achados relataram que, ambos os produtos demonstraram uma leve melhora no rendimento da carcaça das aves, entretanto apresentaram um maior perfil de oxidação lipídica quando comparados ao grupo controle injetado somente de solução salina.

Resultados semelhantes de melhora em rendimento de carcaça também foram observados por Tavaniello et al. (2018), com tratamentos distintos contendo 0,88 mg de laminarina, 3,0 mg de transgalactooligossacarídeos e 1,9 mg de rafinose injetados diretamente em ovo ou em combinação de injeção e suplementação em água ou somente suplementados através de água. Os autores observaram menor pH da carne das aves alimentadas com as dietas suplementadas com os prebióticos diretamente em água em comparação com o grupo controle, que recebeu somente soro fisiológico, também relataram um menor índice da coloração vermelha na carne, maiores índices de ácidos graxos saturados, poliinsaturados e poliinsaturados n-3, além de menores índices de ácidos graxos monoinsaturados.

A composição de ácidos graxos na carne de frango também foi avaliada por Tavaniello et al. (2018b), que demonstraram que um simbiótico contendo 10^5 UFC de *Lactobacillus salivarius* e 2,0 mg de galactooligossacarídeos proporcionou maior conteúdo de ácidos graxos saturados, ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos poliinsaturados n-3 e n-6, em comparação ao simbiótico contendo 10^5 UFC de *Lactobacillus plantarum* e 2,0 mg de rafinose e ao grupo controle contendo 0,2 ml de solução salina fisiológica. Entretanto, as propriedades físico-químicas da carne como pH, coloração e capacidade de retenção de água não foram afetadas por nenhum tratamento.

Pesquisas também já vêm sendo realizadas para a adição de inulina diretamente em produtos cárneos a fim de reduzir o teor de gorduras e melhorar as propriedades funcionais, sem

alterar o perfil sensorial destes produtos. A inulina é adicionada em pó em produtos de carne, com o intuito de reduzir o alto teor de gordura saturada que normalmente está presente em produtos oriundos de matéria-prima cárnea, possibilitando o consumo por pessoas propensas a doenças cardiovasculares ou que sofrem de sobrepeso (FURLÁN; PADILLA; CAMPDERRÓS, 2014), (HAN; BERTRAM, 2017), (YOUSEFI; KHORSHIDIAN; HOSSEINI, 2018). Contudo sua aplicação sobre animais de produção e seus efeitos nos parâmetros de qualidade da carne ainda são pouco relatados na literatura e precisam ser mais investigados.

1.3.4 Clostridiose na avicultura, seus efeitos na saúde animal e na qualidade da carne para consumo

Clostridium perfringens é uma bactéria gram-positiva, bacilo anaeróbio, formador de esporos, o mais difundido e o maior produtor de toxinas do gênero, sendo amplamente distribuído no ambiente e prevalente no ecossistema entérico de seres humanos e de animais domésticos, podendo colonizar sem causar danos aos hospedeiros. Contudo, com o auxílio de condições pré-disponíveis o *C. perfringens* pode atuar como um potente patógeno, causando sérias doenças em humanos, suínos, ovinos, bovinos e aves (JÓZEFIAK et al., 2014; WU et al., 2014; SILVA et al., 2015; WADE et al., 2016; KRUEGER et al., 2017).

Nas aves, a enterite necrótica é uma das patologias entéricas causadas pela infecção por *C. perfringens* de maior preocupação aos criadores, gerando altos custos tanto para o controle, quanto para o tratamento da doença, especialmente após a proibição da utilização de antibióticos na criação de frangos de corte em vários países. Dessa forma, medidas alternativas vêm sendo estudadas para a substituição da atividade de controle que este princípio ativo realizava para a doença na criação de animais de consumo (WU et al., 2014).

A forma mais comumente da doença é causada pelo *C. perfringens* tipo A e, mais raramente, por *C. perfringens* tipo C. Ocorre principalmente em animais entre duas a seis semanas de idade, podendo se apresentar de forma clínica ou de maneira subclínica, sendo esta última mais prevalente e responsável pelas maiores perdas econômicas na produção. A enterite necrótica se caracteriza por danos crônicos na mucosa intestinal das aves levando a uma má digestão e absorção dos nutrientes da dieta, a forma aguda caracteriza-se por um aumento súbito na mortalidade que pode chegar até a 50% (SILVA et al., 2015).

Contudo, para o desenvolvimento desta patologia nas aves, fatores como a colonização do intestino por *Eimeria* spp., bem como o uso de dietas predisponentes, que possam levar a uma diminuição na digestibilidade dos nutrientes e uma redução no trânsito intestinal, estão relacionados a alterações intestinais capazes de fornecer um nicho para colonização e proliferação de *C. perfringens* e para desencadear a ocorrência da enterite necrótica e seus danos as aves. Fatores ambientais, tais como qualidade da cama, densidade populacional e local de criação, têm grande importância na multiplicação da bactéria e, conseqüentemente, também são considerados fatores de predisposição (JÓZEFIAK et al., 2014; WU et al., 2014).

É comum observar em lotes infectados um aumento da conversão alimentar, bem como uma redução do peso vivo. Ao serem abatidas em frigoríficos observa-se um aumento da condenação de carcaças devido à colangio-hepatite, a ação das toxinas produzidas pelo microrganismo destrói as membranas celulares e causam lesões que são comumente restritas ao intestino delgado, que é preenchido com gás e tem paredes finas. Úlceras e necrose conflúente da mucosa no intestino também podem ser observadas em estágios mais avançados (SILVA et al., 2015).

Cepas não virulentas de *C. perfringens* são frequentemente encontradas no trato gastrointestinal de galinhas saudáveis, onde podem residir sem prejudicar a ave hospedeira. Existem muitos fatores dietéticos que influenciam a colonização deste microrganismo no intestino dos frangos causando efeitos ao hospedeiro (JÓZEFIAK et al., 2014). Os mesmos autores ainda relatam que o desafio em frangos de corte com *C. perfringens* alimentados com diferentes fontes de gordura na dieta não afetou o ganho de peso das aves, nem a mortalidade. No conteúdo da digesta foi capaz de reduzir o pH e aumentar os processos fermentativos, o que causou um aumento de ácidos graxos e desempenhou um papel importante no desenvolvimento das populações microbianas e de sua atividade.

Tian et al. (2016), relataram que aves desafiadas com *C. perfringens* e induzidas a enterite necrótica tiveram o ganho de peso e o consumo de ração significativamente diminuída. Em contrapartida, Du et al. (2016), relataram que o desafio não prejudicou o desempenho de crescimento das aves. Cho, Kim e Kim (2014), descreveram que frangos desafiados com *C. perfringens* não apresentaram diferença no desempenho, nem em pesos relativos de órgãos, não afetaram pH e nem cor da carne para consumo.

A maioria dos estudos publicados em relação ao *C. perfringens* na criação de frangos de corte apresentam resultados dos efeitos da inoculação deste em relação ao desempenho dos animais, avaliações sobre a influência do desafio sobre efeitos na qualidade de carne de frango para consumo são restritas.

2 CAPÍTULO 2

IMPACTOS DA INULINA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE DESAFIADOS COM *Clostridium perfringens* SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE

Os resultados desta dissertação são apresentados a seguir na forma de um manuscrito.

2.1 INTRODUÇÃO

A carne de frango é uma das mais populares fontes de proteína animal para consumo humano em todo o mundo, o aumento da demanda por este tipo de produto exigiu o desenvolvimento de várias estratégias com o intuito de otimizar a produção (BAILEY et al., 2015). Avanços na seleção genética, nas práticas de produção e na nutrição tornaram a produção mais eficiente, contudo estas condições mais intensivas no sistema de criação industrial também foram capazes de desenvolver condições estressantes aos animais, tornando os mesmos mais susceptíveis a doenças (ASSIS et al., 2016).

Nas últimas décadas os antibióticos foram amplamente utilizados na criação de frangos de corte com o intuito de prevenir doenças entéricas, manter a saúde das aves e promover o crescimento das mesmas. Contudo, o uso contínuo e desorientado deste produto na produção animal levantou preocupações públicas em relação ao surgimento de microrganismos resistentes aos antibióticos, bem como a transferência de resistência aos humanos, seja por conta dos microrganismos resistentes ou por resíduos do princípio ativo em alimentos (CHENG et al., 2017). Os fatos supracitados levaram a União Europeia, a partir do ano de 2006, e em sequência demais países, a banirem a utilização de antibióticos como melhoradores de crescimento nas rações animais, comprometendo de certa forma a eficiência dos sistemas intensivos de produção animal que se beneficiavam deste princípio ativo tanto para promover o auxílio no crescimento dos animais, quanto como preventivo de doenças infecciosas (MAHMOOD et al., 2014).

A infecção por *Clostridium perfringens*, responsável pela enterite necrótica, desenvolvida em conjunto com demais fatores predisponentes foi afetada pela proibição dos antimicrobianos na alimentação, elevando os custos da produção de frangos de corte. Desde então, surgiu o interesse em avaliar métodos alternativos para a substituição aos antibióticos na criação de

frangos, tais como o uso de prebióticos, que nada mais são do que um conjunto de carboidratos, derivados de plantas ou sintetizados por microrganismos, capazes de promover o crescimento da microflora intestinal benéfica e trazer benefícios à saúde do hospedeiro (WU; WEN; HUA, 2019).

Dentre os prebióticos utilizados em dietas de frango, destaca-se a inulina, estrutura que ocorre naturalmente em muitas plantas. É uma fibra solúvel fermentável, não sendo capaz de ser digerida por enzimas digestivas do hospedeiro e serve como substrato para bactérias benéficas no intestino das aves, agindo de maneira seletiva a bactérias patogênicas. Traz benefícios às aves como a melhoria nos parâmetros de conversão e ingestão de alimentos, principalmente através de modificações na estrutura da mucosa intestinal, além de estimular o ganho de peso e fortalecer o sistema esquelético, melhorando o rendimento de carcaça (BUCLAW, 2017). O mesmo autor ainda relata propriedades da inulina em relação à melhoria da absorção de alguns minerais e à regulação hormonal em frangos.

Entretanto, poucos são os trabalhos que abordam as intervenções nas características de qualidade da carne de frango para consumo oriunda de aves alimentadas com dietas contendo inulina, desafiados ou não com agentes patógenos. O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da utilização de inulina como melhorador de crescimento de frangos de corte submetidos a um desafio com *Clostridium perfringens* e suas consequências sobre o desempenho e a qualidade da carne.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir serão apresentados os materiais e métodos empregados nesta pesquisa.

2.2.1 Material Biológico

Foram utilizados 320 pintainhos machos de um dia de idade da linhagem Cobb, que foram criados durante um período de 42 dias divididos em três fases: inicial (1-21 dias), crescimento (22-35 dias) e acabamento (36-42 dias). As aves foram alojadas em um galpão experimental dividido em boxes com 1,80 m², distribuídas em 20 aves por boxe com base no peso médio do lote, visando homogeneidade entre as aves de cada parcela. Foi utilizado o manejo indicado pelo

manual da linhagem, a água e a ração foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental, através de bebedouros tipo *nipple* e comedouros tipo tubular, respectivamente. Aos 42 dias, 48 aves foram abatidas em um frigorífico comercial da região e suas carcaças transportadas para o laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Oeste para a realização das análises laboratoriais.

2.2.2 Tratamentos

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições de 20 aves cada. A dieta basal foi formulada baseada nas exigências apresentadas nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017), sendo preparadas em um misturador horizontal com capacidade para 150 kg de ração.

Os tratamentos foram divididos da seguinte forma: T1 - tratamento controle, dieta basal sem qualquer tipo de suplementação; T2: dieta basal + desafio por *C. perfringens* via oral; T3: dieta basal + desafio por *C. perfringens* via oral + 25 mg/kg de inulina; T4: dieta basal + desafio por *C. perfringens* via oral + 4,4 mg/kg de lincomicina. O desafio foi feito aos 21 dias, onde cada ave recebeu, individualmente, via oral 1,0 mL de inóculo ($4,0 \times 10^8$ UFC/mL).

2.2.3 Parâmetros de desempenho das aves

Para avaliação dos parâmetros de desempenho das aves, o estudo foi dividido em dois períodos experimentais, sendo de 1-35 dias e de 1-42 dias de crescimento, onde os animais foram pesados no início e no final de cada período, resultando na obtenção da média do ganho de peso (g), ganho médio de peso diário das aves (g) e o peso médio das aves ao final de cada período (g). As rações também foram pesadas no início e no final de cada período do experimento, sendo calculada a média de consumo de ração por ave (g), obtido através do consumo de ração das aves de cada lote, em cada período, dividido pelo número de aves de cada lote. O consumo de ração em cada período também serviu para a base de cálculo da conversão alimentar das aves, calculada através da divisão do consumo de ração no período pelo peso médio das aves no

mesmo período. O número de aves que vieram a óbito em cada período também foi calculado e determinado como mortalidade (%).

2.2.4 Características físico-químicas da carne

Foram separadas e identificadas com base no peso médio três aves por parcela experimental, inteirando 12 aves por tratamento. Em seguida as mesmas foram transportadas e abatidas após 8 horas de jejum em frigorífico comercial. Após o abate e a evisceração, as carcaças das aves foram desossadas, sendo os peitos separados, identificados, embalados em sacos plásticos, acondicionados em caixas térmicas com gelo e encaminhados até o laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Oeste para as análises que seguem. É importante ressaltar que as carcaças, após evisceração, não foram submetidas aos processos de pré-resfriamento e de resfriamento através da utilização de *chillers*, para que não se causasse nenhuma alteração nos parâmetros de análises devida possível absorção de água.

2.2.4.1 pH

A análise de pH dos peitos dos frangos foi realizada no período de cinco horas após o abate, determinado como pH final, utilizado um pHmetro digital da marca Testo 205®, através da inserção do eletrodo de penetração na parte cranial do músculo do peito (*Pectoralis major*).

2.2.4.2 Coloração

A avaliação da cor da carne foi determinada na parte interna do peito (*Pectoralis major*) após desossa, através do aparelho Minolta Chroma Meter modelo CR-400, obtendo os parâmetros de luminosidade (L*), intensidade do vermelho (a*) e intensidade do amarelo (b*).

2.2.4.3 Capacidade de retenção de água

Para a determinação da capacidade de retenção de água (%) foi tomada uma amostra de 2 g ($\pm 0,15$) de cada peito desossado. Essas amostras foram colocadas entre dois papéis de filtro e placas de acrílico, onde receberam uma pressão exercida por um peso de 10,0 kg durante cinco minutos. Após este período foram novamente pesadas determinando-se a capacidade de retenção de água (CRA), conforme descrito por Hamm (1960).

2.2.4.4 Perda por cozimento

Foi determinada segundo metodologia proposta por Honikel (1998), com modificações, tomando-se amostras de cada peito desossadas. Estas amostras tiveram seus pesos tomados inicialmente, em seguida foram embaladas em sacos plásticos, identificadas e levadas a banho-maria a 85°C por 30 minutos. Ao fim do período determinado estas amostras foram retiradas dos sacos plásticos para a eliminação da água e resfriamento, foram pesadas e os seus respectivos pesos comparados com o peso inicial, determinando assim sua porcentagem de perdas durante o cozimento.

2.2.4.5 Força de cisalhamento

As mesmas amostras utilizadas para a caracterização da perda por cozimento, após o banho-maria, foram reduzidas em tamanhos de medidas conhecidas e foram acomodadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular a lamina Warner-Bratzler, acoplado ao aparelho Texture Analyser TA-XT2i, o qual promoveu a medida da força de cisalhamento, expressa em g/f conforme Lyon, Lyon e Dickens (1998).

2.2.4.6 Perda por descongelamento

Amostras de peso conhecido de cada peito desossado foram embaladas e armazenadas em *freezer* de uso doméstico em temperatura de -15°C por um período de cinco dias. Posteriormente foram descongeladas a temperatura de geladeira (2 a 8°C) até seu total descongelamento e avaliadas quanto a diferença de pesos inicial e final para determinar a perda de exsudado por descongelamento.

2.2.4.7 Peroxidação lipídica - TBARS

A análise foi realizada pelo método descrito por Pikul, Leszczynski e Kummerow (1989), com amostras embaladas e armazenadas em temperatura de refrigeração durante cinco dias, através da medida da oxidação do músculo por meio da quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), formadas durante a decomposição de peróxidos lipídicos, usando um espectrofotômetro a 532 nm. O composto 1,1,3,3 tetrametoxipropano (TMP) foi utilizado como padrão de TBARS, e resultados foram expressos em nmol TMP/g de amostra.

2.2.5 Análise estatística

Os dados das análises foram submetidos ao teste de normalidade de distribuição e em seguida a análise de variância. Em casos de diferenças significativas as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de significância.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$) entre os diferentes tratamentos para as variáveis de desempenho das aves nos períodos de 1 a 35 e 1 a 42 dias (Tabela 1). Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os encontrados por Alzueta et al. (2010), que ao utilizarem 0, 5, 10, 15 e 20 g de inulina por kg de ração não observaram diferenças significativas para consumo de ração, ganho de peso médio e conversão alimentar das aves. Em contraste, outros pesquisadores como Kareem et al. (2016), relataram efeitos benéficos para peso médio, ganho de peso e conversão alimentar das aves suplementadas com 0,8% e 1,0% de inulina em combinação com produtos metabólicos de bactérias ácido lácticas.

Tabela 01 – Valores médios obtidos para consumo de ração (CR, g/ave), peso médio (PM, g/ave), ganho de peso médio (GPM, g/ave), ganho de peso diário (GPD, g/ave/dia), conversão alimentar (CA) e mortalidade (MORT, %) das aves submetidas aos diferentes tratamentos nos períodos de 1 a 35 dias e de 1 a 42 dias.

Período de 1 a 35 dias						
Tratamentos	CR	PM	GPM	GPD	CA	MORT
T1	3800	2433	2388	68,23	1,59	4,00
T2	3818	2451	2406	68,74	1,58	3,75
T3	3850	2502	2456	70,18	1,57	3,00
T4	3808	2440	2395	68,44	1,59	1,25
Valor de P	0,101	0,064	0,061	0,061	0,865	0,578
CV (%)	3,21	2,64	2,68	2,68	3,78	11,48
Período de 1 a 42 dias						
T1	5271	3163	3117	74,22	1,69	4,5
T2	5194	3142	3097	73,74	1,67	4,0
T3	5088	3187	3143	74,83	1,62	3,00
T4	5028	3065	3020	71,92	1,72	3,75
Valor de P	0,144	0,364	0,349	0,349	0,148	0,541
CV (%)	4,15	2,81	2,84	2,84	3,42	10,78

CV = coeficiente de variação. T1= controle; T2= controle positivo para *Clostridium perfringens*; T3= promotor de crescimento alternativo; T4= promotor de crescimento comercial.

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Wu, Wen e Hua (2019), relataram efeitos benéficos na avaliação de frangos de corte com três níveis de inulina (0%, 1% e 2%) e três níveis de adição de *Lactobacillus* (10^8 , 10^9 e 10^{10} UFC/kg). Não houve efeitos significativos na interação entre inulina e *Lactobacillus*, entretanto os autores descreveram melhores taxas de conversão alimentar nos primeiros 21 dias de criação, e melhor consumo médio de ração durante todo o período de criação (42 dias), para uma média das dosagens de inclusão de inulina dietética.

Embora conste na literatura que a inulina traz benefícios ao hospedeiro através da seleção de uma microbiota benéfica, e como consequência uma limitação de bactérias patogênicas, uma diferenciação na fermentação de nutrientes e absorção dos mesmos, os dados publicados sobre a resposta de crescimento de frangos de corte à inulina dietética são muito limitados e contraditórios (RICKE, 2015). Essas aparentes contradições na eficácia da inulina na alimentação das aves podem estar relacionadas à fonte da inulina utilizada, bem como seu nível de inclusão na dieta, o tipo da dieta utilizada, as características dos animais, o estresse ambiental, a higiene e as condições de criação (ALZUETA et al., 2010).

Tais informações podem esclarecer os resultados obtidos neste estudo, onde os animais do tratamento T3, que receberam adição de promotor de crescimento alternativo a base de inulina, responderam da mesma maneira que os submetidos aos demais tratamentos. Com relação ao desafio por *C. perfringens* nas aves dos tratamentos T2, T3 e T4, que não diferenciaram do grupo controle, pode-se relatar que a estratégia do estudo foi aplicada para desafiar as aves sem induzir alta mortalidade, o que pode explicar as diferenças não significativas nos resultados de desempenho e as baixas mortalidades no estudo, conforme também encontrados por Józefiak et al. (2014), em relação à mortalidade.

No que diz respeito às análises de características de qualidade da carne (Tabela 2), para pH final, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Sabe-se que o pH é um parâmetro básico utilizado para avaliação de qualidade da carne, indicando o nível de ocorrência das transformações glicolíticas da mesma (DANKOWIAKOWSKA et al., 2019). A não obtenção de uma diferença significativa de pH entre os tratamentos, encontrados em nosso estudo, estão de acordo com os achados de Tavaniello et al. (2018a), que não encontraram diferenças significativas de valores de pH final (24 h) entre diferentes tratamentos contendo diferentes tipos de prebióticos.

Tabela 02 – Valores médios obtidos para pH final (pH), luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) das amostras de peito (*Pectoralis major*) das aves submetidas aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	pH	L^*	a^*	b^*
T1	5,80	51,20	-0,13	7,80
T2	5,75	52,16	-1,22	8,65
T3	5,78	52,60	-0,518	8,13
T4	5,89	52,43	0,373	8,39
Valor de P	0,181	0,525	0,523	0,417
CV (%)	1,95	3,34	34,56	10,77

CV = coeficiente de variação. T1= controle; T2= controle positivo para *Clostridium perfringens*; T3= promotor de crescimento alternativo; T4= promotor de crescimento comercial.

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

O pH da carne apresenta relação com demais atributos de qualidade da mesma, como maciez, coloração, *shelf-life* e capacidade de retenção de água (CHENG et al., 2017). Um pH final baixo está associado à baixa capacidade de retenção de água, enquanto que um pH elevado está associado a uma vida útil reduzida, por se apresentar com um ambiente mais favorável à proliferação de microrganismos. O pH normal da carne de frangos após uma hora de abate se

caracteriza em torno de 6,9 - 7,1, e o pH após 24 horas é de aproximadamente 5,7 - 5,9 (HAŠČÍK et al., 2015). Os valores de pH final apresentados em nosso estudo, considerado em cinco horas pós abate, estão de acordo com o descrito na literatura.

Contudo, Mir et al. (2017) relatam que o tempo necessário para a queda dos valores de pH e a conclusão do *rigor mortis* varia com a espécie, o músculo, o tipo de fibra, a temperatura de manutenção, a taxa de glicólise e o período pré-abate. Também propõem que um pH abaixo de 5,8 em menos de quatro horas após o abate resulta em carnes pálidas, moles e exsudativas (PSE), podendo ser oriunda de estresse das aves no momento da produção avícola, do carregamento, do transporte, do descarregamento e do abate. Sendo que estes fatores podem resultar em alterações na qualidade da carne como, aumento de luminosidade (L^*) na coloração e baixa capacidade de retenção de água, demonstrando que os valores encontrados em nosso estudo não interferiram nas demais características e não demonstram possuir relação estrita com os tipos de tratamentos aplicados.

Pode-se dizer que a coloração é a característica comercial mais importante em relação às carnes, pois é ela quem na maioria das vezes afeta as decisões dos consumidores em adquirir o produto ou não, esta característica também está associada intimamente ao frescor e a qualidade da carne (MIR et al., 2017). Também não foram encontradas, em nosso estudo, diferenças significativas ($P > 0,05$) para os parâmetros de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), componentes da coloração da carne. Resultados semelhantes também foram relatados por Cheng et al. (2017), para os parâmetros de coloração quando da utilização de $1,5 \text{ g/kg}^{-1}$ de simbiótico contendo prebiótico e por Dankowiakowska et al. (2019), para diferentes simbióticos e prebióticos, incluindo inulina a $1,760 \text{ mg/kg}$, utilizados na dieta de frangos de corte.

Entretanto, Park e Park (2011), encontraram aumento de valores para luminosidade (L^*) e intensidade de amarelo (b^*), quando as aves foram suplementadas com $0,25 \text{ g/kg}$ de inulina e vitamina E microencapsuladas. Cho, Kim e Kim (2014), também não relataram nenhuma modificação na coloração da carne, quando aves foram desafiadas com $5,0 \text{ mL}$ de inóculo (10^7 UFC/mL) de *C. perfringens* e receberam dieta suplementada com aditivos fitogênicos. Sabe-se que no caso das aves a coloração natural da carne está em torno de rosa pálido a esbranquiçado, pois a carne de frango possui uma concentração de mioglobina significativamente menor que a de outras espécies, todavia, existem vários fatores que podem alterar esta coloração além da dieta,

como a genética, o manejo, o estresse, fatores ambientais de criação, fatores pré-abate, exposição a produtos químicos, doenças, variáveis de processamento entre outros (MIR et al., 2017).

Contudo, os valores de coloração da carne de frango encontrados estão de acordo com o apresentado para a linhagem Cobb, exceto pelos valores de intensidade de vermelho (a^*) que se apresentaram mais baixos, podendo estar relacionado com a idade da ave e a diminuição do teor de pigmento heme (JANISCH; KRISCHEK; WICKE, 2011). Dessa forma, os diferentes aditivos da dieta e a inoculação do microrganismo deste estudo não alteraram tais parâmetros importantes da qualidade da carne.

Em relação à satisfação do consumidor com a qualidade do produto, a textura se enquadra como a propriedade quantificável mais importante da carne, está associada à quantidade de água mantida de maneira intracelular. A força de cisalhamento é comumente avaliada com o auxílio da lâmina de cisalhamento Warner-Bratzler, estimando o grau de maciez e textura da carne, sendo que os maiores valores apresentados por esta análise são associados a uma carne menos macia (MIR et al., 2017). Os resultados encontrados para a força de cisalhamento não apresentaram diferença estatística significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 03). Os valores obtidos estão de acordo com os relatados por Silva, Arruda e Gonçalves (2017), para frangos de linhagem industrial.

Tabela 03 – Valores médios obtidos para força de cisalhamento (FC, g/f), substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mmol TMP/g), capacidade de retenção de água (CRA, %), perda por cozimento (PPC, %) e perda por descongelamento (PPD, %) das amostras de peito (*Pectoralis major*) das aves submetidas aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	FC	TBARS	CRA	PPC	PPD
T1	1994	3,92 ^A	71,75	15,54	3,82 ^{AB}
T2	2261	2,19 ^B	72,91	13,54	3,06 ^B
T3	2590	2,24 ^B	75,36	14,21	3,48 ^{AB}
T4	2198	1,84 ^B	76,20	16,04	4,69 ^A
Valor de P	0,245	< 0,001	0,369	0,146	< 0,026
CV (%)	33,93	12,81	6,46	13,25	22,15

^{A, B} – Valores médios seguidos de letras diferentes sobrescritas na mesma coluna indicam diferença estatística para $P < 0,05$. CV = coeficiente de variação. T1= controle; T2= controle positivo para *Clostridium perfringens*; T3= promotor de crescimento alternativo; T4= promotor de crescimento comercial.

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Poorbaghi et al. (2016), relataram uma redução para a força de cisalhamento em grupo tratado com 0,1% de inulina/kg de ração em comparação ao grupo controle, porém não houve uma conclusão significativa para este achado, sugerindo novos estudos. A injeção de 1,5% de

prebiótico em peitos de frangos armazenados em temperatura de refrigeração por nove dias, também não ocasionou diferença nos valores encontrados para força de cisalhamento entre os tratamentos (MEJÍA et al., 2019). Existem vários fatores que são capazes de modificar a dureza da carne, entre eles existem fatores pré-abates como, a idade das aves, a raça, a alimentação, e fatores pós-abate como, glicólise *post-mortem* e desenvolvimento do *rigor mortis*, temperatura de escaldagem, resfriamento e tempo de desossa (MIR et al., 2017). Animais bem alimentados apresentam menor dureza de carne, fator que pode estar relacionado aos achados de nosso estudo.

Para a variável de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) verificou-se diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,001$), onde a carne das aves do tratamento controle apresentou maior peroxidação lipídica, diferindo dos demais tratamentos. A carne das aves é particularmente suscetível à peroxidação lipídica, fruto principalmente de uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados em sua composição, que facilita sua deterioração e como consequência a redução em seu prazo de validade. A peroxidação lipídica inicia-se logo após o abate das aves, propiciada através de fatores como as mudanças bioquímicas do *post mortem*, cessando fluxo sanguíneo e promovendo falhas do sistema antioxidante natural. O nível de oxidação lipídica também pode ser influenciado por fatores pré e pós abate, conforme já citado anteriormente para outras características de qualidade da carne (MAIORANO et al., 2017).

Os achados deste estudo vão ao encontro dos descritos por Park e Park (2011), quando as aves foram suplementadas com 0,25 g/kg de inulina e vitamina E microencapsuladas e por Cheng et al. (2017), utilizando de 1,5 g/kg⁻¹ de simbiótico contendo prebiótico. Uma das possíveis razões para a capacidade antioxidante da inulina é a atividade da microflora fermentadora de inulina no trato gastrintestinal das aves (SHANG et al., 2018). Por resistir à quebra das enzimas digestivas, a inulina chega intacta ao sistema digestivo sendo considerada seletiva, por ser fermentada principalmente por bactérias ácido-láticas e bifidobactérias, que por sua vez têm sido atribuídas benéficas ao hospedeiro (RICKE, 2015). As bactérias ácido-láticas possuem uma enzima chamada superóxido dismutase (SOD), importante defesa antioxidante, enquanto que pesquisas mostram que o próprio ácido lático produzido tem a capacidade de eliminar os radicais livres (SHANG et al., 2018).

Ácidos graxos de cadeia curta, como ácido acético, propiônico e butírico, também são gerados após a fermentação bacteriana da inulina (MEYER; BLAAUWHOED, 2009), estes reduzem o pH aumentando a acidez do ambiente intestinal, melhoram morfologia intestinal,

melhoram absorção de minerais e possuem capacidade de controlar os níveis de espécies reativas ao oxigênio (ROS), em especial o butirato, apresentando importante capacidade antioxidante (GHASEMI et al., 2016). Józefiak et al. (2014), relatam que independente da dieta apresentada em seus estudos o desafio com *C. perfringens* também reduziu o pH intestinal e aumentou os processos fermentativos causando um aumento de ácidos orgânicos na digesta (ácido acético, propiônico e butírico), podendo também demonstrar efeitos antioxidantes, de maneira indireta, conforme os relatados pós fermentação da inulina, sendo estas as possíveis explicações em relação aos tratamentos T2, T3, e T4, desafiados com *C. perfringens*, e ainda T3 suplementado com inulina, terem apresentados menores valores de oxidação em relação ao tratamento controle.

A água fortemente ligada às proteínas musculares ocupa os espaços entre as miofibrilas e dá à carne uma estrutura mais firme, cerca de 88–95% da água no músculo está mantida de maneira intracelular, após a morte, a medida que o *rigor mortis* progride, há uma redução do espaço disponível para a água ser retida por via intramuscular, aumentando a quantidade de água expelida para o espaço extracelular. A capacidade de reter água se entende como sendo uma aptidão da carne em manter totalmente ou parcialmente a própria água e, eventualmente a água adicionada durante o seu tratamento (MIR et al., 2017). A capacidade de manter esse conteúdo aquoso é avaliada através de aplicação de forças externas como compressão, impacto, cisalhamento ou ao longo de determinados processos como maturação, cozimento, congelamento (LEYGONIE; BRITZ; HOFFMAN, 2012).

Os resultados encontrados em nossos estudos para a análise de capacidade de retenção de água não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$), estes achados corroboram com os encontrados por Cho, Zhang e Kim (2013), e Tavaniello et al. (2018b), quando da utilização de diferentes simbióticos contendo prebióticos. Entretanto estão em desacordo com os apontados por Dankowiakowska et al. (2019), que observaram uma elevação na perda de água para diferentes simbióticos contendo inulina, contudo a inulina quando administrada sozinha manteve os mesmos resultados do grupo controle, já Park e Park (2011), encontraram aumento de valores para a capacidade de retenção quando as aves foram suplementadas com inulina e vitamina E microencapsuladas.

Igualmente, não houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos para os resultados de perda por cozimento, diferindo dos achados de Cho, Zhang e Kim, (2013) e Cheng et al. (2017), em carne de frangos alimentados com dietas suplementadas com

simbiótico contendo prebiótico, e Mejía et al. (2019), quando peitos de frangos armazenados sob refrigeração foram injetados de 1,5% de prebiótico, relatando nestes estudos uma redução nos valores de perda por cozimento.

Essas diferenças de valores apresentadas relativas à água da carne nos diferentes estudos podem estar atribuídas a uma série de fatores como pH, comprimento dos sarcômeros, força iônica, pressão osmótica e desenvolvimento de *rigor mortis*, que agem alterando os componentes celulares e extracelulares. A carne de peito de frango com pH elevado tem maior capacidade de ligação à água do que carne com menor pH. A capacidade de retenção de água possui influência direta na cor e maciez da carne, é uma das propriedades funcionais mais importantes da carne crua. O aumento no teor de água dos músculos, aumentando a sensibilidade, suculência, firmeza e aparência, melhora a qualidade e valor econômico da carne (MIR et al., 2017).

Durante o cozimento, o derretimento da gordura e a desnaturação das proteínas supostamente causam a liberação de água quimicamente ligada (LEYGONIE; BRITZ; HOFFMAN, 2012). É importante salientar que a perda de água reduz o valor nutricional da carne, porque alguns nutrientes podem ser perdidos no exsudato (DANKOWIAKOWSKA et al., 2019). A capacidade de reter água é mínima com pH de 5 a 5,1, coincidindo com o ponto isoelétrico da proteína (MIR et al., 2017). Os valores de pH do nosso estudo se apresentaram dentro do esperado para pH final não alterando características como cor, textura e capacidade de retenção de água, conforme esperado, demonstrando que fatores externos podem afetar mais a qualidade da carne do que os próprios tratamentos dietéticos.

O descongelamento é a última volta da tecnologia de refrigeração, destina-se a restaurar as características da carne até ao ponto mais próximo do da carne fresca. A execução do processo de descongelamento é significativamente afetada por fatores como a temperatura e a duração real do processo (AUGUSTYNSKA-PREJSNAR; ORMIAN; SOKOŁOWICZ, 2018). Para a análise de perda por descongelamento os valores diferiram entre os tratamentos ($P < 0,026$), os tratamentos T2, dieta basal, sem adição de melhoradores, porém desafiado com *C. perfringens*, e T4, dieta basal suplementada com promotor de crescimento a base de lincomicina e também desafiado com *C. perfringens*, diferiram significativamente entre si, onde o tratamento T4 apresentou uma maior perda por descongelamento, contudo não diferiram dos demais tratamentos.

Durante o processo de armazenamento por congelamento, uma série de alterações físicas e bioquímicas pode ocorrer, como perda de água, mudança de cor, oxidação lipídica e proteica, que influenciam a qualidade da carne de frango congelada. O tempo de permanência e as taxas de congelamento e descongelamento possuem influencia nestes efeitos. O congelamento interrompe quase todos os tipos de reações bioquímicas, perturbam membranas celulares e alteram estruturas internas, podendo causar impactos e perdas durante o processo de descongelamento (LEYGONIE; BRITZ; HOFFMAN, 2012).

2.4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a inulina pode substituir os antibióticos como promotores de crescimento, sem causar alterações na qualidade da carne.

O desafio por *C. perfringens* não prejudicou o desempenho das aves, porém, ocasionou menor peroxidação lipídica da carne do peito.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório Anual ABPA 2018**, São Paulo. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.

ADITYA, S. *et al.* Effects of dietary onion (*Allium cepa*) extract supplementation on performance, apparent total tract retention of nutrients, blood profile and meat quality of broiler chicks. **Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences**, [S.l.], v. 30, n. 2, p. 229–235, 2017. DOI: 10.5713/ajas.16.0553. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27809460>. Acesso em: 20 out. 2018.

ALZUETA, C. *et al.* Effects of inulin on growth performance , nutrient digestibility and metabolisable energy in broiler chickens. **British Poultry Science**, [S.l.], v. 51, n. 3, p. 393–398, 2010. DOI: 10.1080/00071668.2010.503482. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20680874>. Acesso em: 04 mai. 2019.

ASSIS, D. C. S. DE *et al.* Evaluation of the presence and levels of enrofloxacin, ciprofloxacin, sulfaquinoxaline and oxytetracycline in broiler chickens after drug administration. **PLoS ONE**, [S.l.], v. 11, n. 11, p. 1–15, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0166402. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27846314>. Acesso em: 21 out. 2018.

AUGUSTYNSKA-PREJSNAR, A.; ORMIAN, M.; SOKOŁOWICZ, Z. Physicochemical and sensory properties of broiler chicken breast meat stored frozen and thawed using various methods. **Journal of Food Quality**, [S.l.], v. 2018, p. 1–9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/6754070>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2018/6754070/>. Acesso em: 05 jul. 2019.

AWAIS, M. M. *et al.* Immunomodulatory and ameliorative effects of *Lactobacillus* and *Saccharomyces* based probiotics on pathological effects of eimeriasis in broilers. **Microbial Pathogenesis**, [S.l.], v. 126, p. 101–108, 2019. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.10.038. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401018310982>. Acesso em: 30 abr. 2019.

AZCARATE-PERIL, M. A. *et al.* An Attenuated *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium Strain and Galacto-Oligosaccharides Accelerate Clearance of *Salmonella* Infections in Poultry through Modifications to the Gut Microbiome. **Applied and Environmental Microbiology**, [S.l.], v. 84, n. 5, p. 1–16, 2018. DOI: 10.1128/AEM.02526-17. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/84/5/e02526-17>. Acesso em: 04. mai. 2019.

BAI, K. *et al.* Supplemental effects of probiotic *Bacillus subtilis* fmbJ on growth performance , antioxidant capacity, and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, [S.l.], v. 96, n. 1, p. 74–82, 2016. DOI: 10.3382/ps/pew246. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27486257>. Acesso em: 28 abr. 2019.

BAILEY, R. A. *et al.* The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. **Poultry Science**, [S.l.], v. 94, n. 12, p. 2870–2879, 2015. DOI: 10.3382/ps/pev304. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26476091>. Acesso em: 12 out. 2017.

BROWN, K. *et al.* Antimicrobial growth promoter use in livestock: a requirement to understand their modes of action to develop effective alternatives. **International Journal of Antimicrobial Agents**, [S.l.], v. 49, 2016. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2016.08.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924857916302370>. Acesso em: 16 abr. 2019.

BUCLAW, M. Inulin in poultry production. **World's Poultry Science Journal**, [S.l.], v. 73, p. 1–7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933917000010>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/inulin-in-poultry-production/53C9B23C97867E495F53FF0375CF8492>. Acesso em: 04 mai. 2019.

CHENG, Y. F. *et al.* Effects of synbiotic supplementation on growth performance, carcass characteristics, meat quality and muscular antioxidant capacity and mineral contents in broilers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S.l.], v. 97, n. 11, p. 3699–3705, 2017. DOI: 10.1002/jsfa.8230. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28111775>. Acesso em: 13 mai. 2019.

CHO, J. H.; KIM, H. J.; KIM, I. H. Effects of phytogenic feed additive on growth performance, digestibility, blood metabolites, intestinal microbiota, meat color and relative organ weight after oral challenge with *Clostridium perfringens* in broilers. **Livestock Science**, [S.l.], v. 160, p. 82–88, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187114131300499X>. Acesso em: 04 jun. 2019.

CHO, J. H.; ZHANG, Z. F.; KIM, I. H. Effects of single or combined dietary supplementation of β -glucan and kefir on growth performance, blood characteristics and meat quality in broilers. **British Poultry Science**, [S.l.], v. 54, n. 2, p. 216–221, 2013. DOI: 10.1080/00071668.2013.777691. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23647185>. Acesso em: 12 jun. 2019.

CHOWDHURY, S.; MANDAL, G. P.; PATRA, A. K. Different essential oils in diets of

chickens: 1. Growth performance, nutrient utilisation, nitrogen excretion, carcass traits and chemical composition of meat. **Animal Feed Science and Technology**, [S.l.], v. 236, p. 86–97, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.12.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117311756?via%3Dihub>. Acesso em: 20 out. 2018.

DANKOWIAKOWSKA, A. *et al.* Effects of in ovo injection of prebiotics and synbiotics on the productive performance and microstructural features of the superficial pectoral muscle in broiler chickens. **Poultry Science**, [S.l.], p. 1–9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez202>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/advance-article-abstract/doi/10.3382/ps/pez202/5479872>. Acesso em: 13 mai. 2019.

DU, E. *et al.* Effects of thymol and carvacrol supplementation on intestinal integrity and immune responses of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 1–10, 2016. DOI: 10.1186/s40104-016-0079-7. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27006768>. Acesso em: 04 jun. 2019.

FORTE, C. *et al.* Dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) aqueous extract improves oxidative stability and consumer acceptance of meat enriched with CLA and n-3 PUFA in broilers. **Poultry Science**, [S.l.], v. 97, n. 5, p. 1774–1785, 2018. DOI: 10.3382/ps/pex452. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article/97/5/1774/4864310?searchresult=1>. Acesso em: 28 out. 2018.

FOUNOU, L. L.; FOUNOU, R. C.; ESSACK, S. Y. Antibiotic resistance in the food chain : a developing country-perspective. **Frontiers in Microbiology**, [S.l.], v. 7, p. 1–19, 2016. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01881. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5120092/>. Acesso em: 16 abr. 2019.

FURLÁN, L. T. R.; PADILLA, A. P.; CAMPDERRÓS, M. E. Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. **Meat Science**, [S.l.], v. 96, p. 762–768, 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.09.015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24200568>. Acesso em: 05 mai. 2019.

GADDE, U. *et al.* Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry : a review. **Animal Health Research Reviews**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 26–45, 2017a. DOI: 10.1017/S1466252316000207. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28485263>. Acesso em: 20 abr. 2019.

GADDE, U. D. *et al.* Dietary *Bacillus subtilis*-based direct-fed microbials alleviate LPS-induced intestinal immunological stress and improve intestinal barrier gene expression in commercial

broiler chickens. **Research in Veterinary Science**, [S.l.], v. 114, p. 236–243, 2017b. DOI: 10.1016/j.rvsc.2017.05.004. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28505587>. Acesso em: 20 abr. 2019.

GAGGIÀ, F.; MATTARELLI, P.; BIAVATI, B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. **International Journal of Food Microbiology**, [S.l.], v. 141, p. S15–S28, 2010. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160510001121>. Acesso em: 28 abr. 2019.

GHASEMI, H. A. *et al.* Effect of synbiotic supplementation and dietary fat sources on broiler performance, serum lipids, muscle fatty acid profile and meat quality. **British Poultry Science**, [S.l.], v. 57, n. 1, p. 71–83, 2016. DOI: 10.1080/00071668.2015.1098766. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26654967>. Acesso em: 18 jun. 2019.

GRENNI, P.; ANCONA, V.; CARACCILO, A. B. Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems : a review. **Microchemical Journal**, [S.l.], v. 136, p. 25–39, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X17301108>. Acesso em: 16 mar. 2019.

GURPILHARES, D. D. B. *et al.* Marine prebiotics: polysaccharides and oligosaccharides obtained by using microbial enzymes. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 280, p. 175–186, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.12.023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618321186>. Acesso em: 30 abr. 2019.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, [S.l.], v. 10, p. 335–443, 1960. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60141-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60141-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S006526280860141X>. Acesso em: 19 mai. 2019.

HAN, M.; BERTRAM, H. C. Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. **Meat Science**, [S.l.], v. 133, p. 159–165, 2017. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.07.001. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28692849>. Acesso em: 05 mai. 2019.

HAŠČÍK, P. *et al.* The pH value of broiler breast and thigh muscles after addition probiotic , bee pollen and propolis into their feed mixture. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 52–54, 2015. DOI: 10.15414/jmbfs.2015.4.special3.52-54.

Disponível em: https://www.jmbfs.org/issue/february-2015-vol-4-special-issue-3-food-sciences/hascik-1/?issue_id=3723&article_id=12. Acesso em: 11 jun. 2019.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, [S.l.], v. 49, n. 4, p. 447–457, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174098000345>. Acesso em: 19 mai. 2019.

HUANG, Q. *et al.* Effect of dietary inulin supplements on growth performance and intestinal immunological parameters of broiler chickens. **Livestock Science**, [S.l.], v. 180, p. 172–176, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187114131300499X>. Acesso em: 07 mai. 2019.

HUSSEIN, M. M. A. *et al.* Effects of clove (*Syzygium aromaticum*) oil on quail growth, carcass traits, blood components, meat quality, and intestinal microbiota. **Poultry Science**, [S.l.], v. 98, n. 1, p. 319–329, 2018. DOI: 10.3382/ps/pey348. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/98/1/319/5079182?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 21 out. 2018.

JANISCH, S.; KRISCHEK, C.; WICKE, M. Color values and other meat quality characteristics of breast muscles collected from 3 broiler genetic lines slaughtered at 2 ages. **Poultry Science**, [S.l.], v. 90, n. 8, p. 1774–1781, 2011. DOI: 10.3382/ps.2010-01073. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article/90/8/1774/1576710?searchresult=1>. Acesso em: 15 jun. 2019.

JÓZEFIAK, D. *et al.* *Clostridium perfringens* challenge and dietary fat type affect broiler chicken performance and fermentation in the gastrointestinal tract. **Animal**, [S.l.], v. 8, n. 6, p. 912–922, 2014. DOI: 10.1017/S1751731114000536. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24674938>. Acesso em: 02 jun. 2019.

KAREEM, K. Y. *et al.* Effects of dietary postbiotic and inulin on growth performance, IGF1 and GHR mRNA expression, faecal microbiota and volatile fatty acids in broilers. **BMC Veterinary Research**, [S.l.], v. 12, p. 163, 2016. DOI: 10.1186/s12917-016-0790-9. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27496016>. Acesso em: 05 mai. 2019.

KHERAVII, S. K. *et al.* Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. **World's Poultry Science Journal**, [S.l.], v. 74, n. 2, p. 301–316, 2018. DOI: 10.1017/S0043933918000259. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s->

poultry-science-journal/article/roles-of-dietary-fibre-and-ingredient-particle-size-in-broiler-nutrition/FC94C2D62A3E9A69F14EED42A7F08DA9. Acesso em: 10 mai. 2019.

KIM, W. H.; LILLEHOJ, H. S. Immunity, immunomodulation, and antibiotic alternatives to maximize the genetic potential of poultry for growth and disease response. **Animal Feed Science and Technology**, [S.l.], v. 250, p. 41–50, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.09.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840118301858?via%3Dihub>. Acesso em: 20 out. 2018.

KRUEGER, L. A. *et al.* Avi-Lution® supplemented at 1.0 or 2.0 g/kg in feed improves the growth performance of broiler chickens during challenge with bacitracin-resistant *Clostridium perfringens*. **Poultry Science**, [S.l.], v. 96, n. 8, p. 2595–2600, 2017. DOI: 10.3382/ps/pex074. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28431095>. Acesso em: 04 mar. 2019.

LEYGONIE, C.; BRITZ, T. J.; HOFFMAN, L. C. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. **Meat Science**, [S.l.], v. 91, n. 2, p. 93–98, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174012000149>. Acesso em: 22 jun. 2019.

LI, Z. *et al.* Effects of *Lactobacillus acidophilus* on gut microbiota composition in broilers challenged with *Clostridium perfringens*. **PLoS ONE**, [S.l.], v. 12, n. 11, p. 1–17, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0188634. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0188634>. Acesso em: 04 jun. 2019.

LYON, C. E.; LYON, B. G. The relationship of objective shear values and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, [S.l.], v. 69, n. 8, p. 1420–1427, 1990. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0691420>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/69/8/1420/1518409?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 16 jun. 2019.

LYON, C. E.; LYON, B. G.; DICKENS, J. A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, [S.l.], v.7, n.1, p.53-60, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/7.1.53>. Disponível em: <https://academic.oup.com/japr/article/7/1/53/729943>. Acesso em: 19 mai. 2019.

MAHMOOD, K. *et al.* Non-antibiotic strategies for the control of necrotic enteritis in poultry. **World's Poultry Science Journal**, [S.l.], v. 70, p. 865–879, 2014. DOI:

10.1017/S0043933914000919. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/nonantibiotic-strategies-for-the-control-of-necrotic-enteritis-in-poultry/DB7E65C2F6D8D4712540DCBC5FA40FC6>. Acesso em: 08 jun. 2019.

MAIORANO, G. *et al.* In ovo validation model to assess the efficacy of commercial prebiotics on broiler performance and oxidative stability of meat. **Poultry Science**, [S.l.], v. 96, n. 2, p. 511–518, 2017. DOI: 10.3382/ps/pew311. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article/96/2/511/2623779?searchresult=1>. Acesso em: 13 mai. 2019.

MANAFI, M. *et al.* Comparison of performance and feed digestibility of the non-antibiotic feed supplement (Novacid) and an antibiotic growth promoter in broiler chickens. **Poultry Science**, [S.l.], v. 98, n. 2, p. 1–8, 2018. DOI: 10.3382/ps/pey437. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/98/2/904/5114853?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 27 out. 2018.

MARKOWIAK, P.; ŚLIŻEWSKA, K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. **Gut Pathogens**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 1–20, 2018. DOI: 10.1186/s13099-018-0250-0. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5989473/>. Acesso em: 08 mai. 2019.

MEJÍA, S. M. V. *et al.* Effects of the incorporation of β -glucans in chicken breast during storage. **Poultry Science**, [S.l.], p. 1–12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez130>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/advance-article-abstract/doi/10.3382/ps/pez130/5426419?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 13 mai. 2019.

MEYER, D.; BLAAUWHOED, J. Inulin. *In*: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. **Handbook of Hydrocolloids**. 2. ed. Boca Raton Boston New York Washington, DC: Elsevier Science, 2009. p. 948. DOI: 10.1038/ejcn.2009.64. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19690573>. Acesso em: 04 mai. 2019.

MIR, N. A. *et al.* Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. **Journal of Food Science and Technology**, [S.l.], v. 54, n. 10, p. 2997–3009, 2017. DOI: 10.1007/s13197-017-2789-z. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28974784>. Acesso em: 12 jun. 2019.

NIU, Y. *et al.* Effect of supplemental fermented *Ginkgo biloba* leaves at different levels on growth performance, meat quality, and antioxidant status of breast and thigh muscles in broiler chickens. **Poultry Science**, [S.l.], v. 96, n. 4, p. 869–877, 2017. DOI: 10.3382/ps/pew313. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article/96/4/869/2623781?searchresult=1>. Acesso em: 28 out. 2018.

PARK, S.-O.; PARK, B.-S. Influence of inuloprebiotic supplementation of the diets of broiler chickens on shelf-life and quality characteristics of meat. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, [S.l.], v. 10, n. 10, p. 1336–1341, 2011. DOI: 10.3923/javaa.2011.1336.1341. Disponível em: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2011.1336.1341>. Acesso em: 12 jun. 2019.

PIKUL, J; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S.l.], v. 37, n. 5, p. 1309-1313, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00089a022>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00089a022>. Acesso em: 19 mai. 2019.

PINEDA-QUIROGA, C. *et al.* Changes in broiler performance, duodenal histomorphometry, and caeca microbiota composition in response to wheat-barley based diets supplemented with non-antibiotic additives. **Animal Feed Science and Technology**, [S.l.], v. 234, p. 1–9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.09.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117305072>. Acesso em: 08 mai. 2019.

POORBAGHI, S. L. *et al.* Effects of simple and microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* with or without inulin on the broiler meat quality infected by avian influenza virus (H9N2). **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, [S.l.], v. 8, n. 4, p. 221–228, 2016. DOI: 10.1007/s12602-016-9224-z. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27503361>. Acesso em: 05 mai. 2019.

POURABEDIN, M.; ZHAO, X. Prebiotics and gut microbiota in chickens. **FEMS Microbiology Letters**, [S.l.], v. 362, n. 15, p.122, 2015. DOI: 10.1093/femsle/fnv122. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26208530>. Acesso em: 01 mai. 2019.

REBOLÉ, A. *et al.* Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat- and barley-based diet. **Poultry Science**, [S.l.], v. 89, n. 2, p. 276–286, 2010. DOI: 10.3382/ps.2009-00336. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article/89/2/276/1547927?searchresult=1>. Acesso em: 04 mai. 2019.

REIS, J. H. *et al.* Effects of phytogetic feed additive based on thymol, carvacrol and cinnamic aldehyde on body weight, blood parameters and environmental bacteria in broilers chickens. **Microbial Pathogenesis**, [S.l.], v. 125, p. 168–176, 2018. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.09.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401018308507>. Acesso em: 20 out. 2018.

RICKE, S. C. Potential of fructooligosaccharide prebiotics in alternative and nonconventional poultry production systems. **Poultry Science**, [S.l.], v. 94, n. 6, p. 1411–1418, 2015. DOI: 10.3382/ps/pev049. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article/94/6/1411/2084471?searchresult=1>. Acesso em: 05 mai. 2019.

RONQUILLO, M. G.; HERNANDEZ, J. C. A. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: Review of impact and analytical methods. **Food Control**, [S.l.], v. 72, p. 255–267, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713516301062>. Acesso em: 20 out. 2018.

ROSTAGNO *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4 ed. Viçosa, 2017.

SHANG, H. *et al.* *In vitro* and *in vivo* antioxidant activities of inulin. **PLoS ONE**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 1–13, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0192273. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0192273>. Acesso em: 10 mai. 2019.

SILVA, R. O. S. *et al.* Clostridium perfringens: a review of the disease in pigs, horses and broiler chickens. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 45, n. 6, p. 1027–1034, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140927>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000601027. Acesso em: 04 jun. 2019.

SILVA, D. C. F. DA; ARRUDA, A. M. V. DE; GONÇALVES, A. A. Quality characteristics of broiler chicken meat from free-range and industrial poultry system for the consumers. **Journal of Food Science and Technology**, [S.l.], v. 54, n. 7, p. 1818–1826, 2017. DOI: 10.1007/s13197-017-2612-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-017-2612-x>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SINGH, R. S.; SINGH, T.; LARROCHE, C. Biotechnological applications of inulin-rich feedstocks. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 273, p. 641–653, 2019. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.11.031. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241831558X>. Acesso em: 05 mai. 2019.

TAVANIELLO, S. *et al.* Prebiotics offered to broiler chicken exert positive effect on meat quality traits irrespective of delivery route. **Poultry Science**, [S.l.], v. 97, n. 8, p. 2979–2987, 2018a. DOI: 10.3382/ps/pey149. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/97/8/2979/4979975?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 13 mai. 2019.

TAVANIELLO, S. *et al.* Effect of in ovo administration of different synbiotics on carcass and meat quality traits in broiler chickens. **Poultry Science**, [S.l.], v. 98, n. 1, p. 464–472, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pey330>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/98/1/464/5060225?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 13 mai. 2019.

TAYERI, V. *et al.* A comparison of the effects of antibiotics, probiotics, synbiotics and prebiotics on the performance and carcass characteristics of broilers. **Veterinary Research Communications**, [S.l.], v. 42, n. 3, p. 195–207, 2018. DOI: 10.1007/s11259-018-9724-2. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29777375>. Acesso em: 08 mai. 2019.

TIAN, X. *et al.* Effects of dietary yeast β -glucans supplementation on growth performance, gut morphology, intestinal *Clostridium perfringens* population and immune response of broiler chickens challenged with necrotic enteritis. **Animal Feed Science and Technology**, [S.l.], v. 215, n. 2, p. 144–155, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840116300980>. Acesso em: 02 jun. 2019.

VALENZUELA-GRIJALVA, N. V. *et al.* Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. **Journal of Animal Science and Technology**, [S.l.], v. 59, p. 1–17, 2017. DOI: 10.1186/s40781-017-0133-9. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5392986/>. Acesso em: 16 abr. 2019.

VOHRA, A.; SYAL, P.; MADAN, A. Probiotic yeasts in livestock sector. **Animal Feed Science and Technology**, [S.l.], v. 219, p. 31–47, 2016. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037784011630205X>. Acesso em: 28 abr. 2019.

WADE, B. *et al.* The adherent abilities of *Clostridium perfringens* strains are critical for the pathogenesis of avian necrotic enteritis. **Veterinary Microbiology**, [S.l.], v. 197, p. 53–61, 2016. DOI: 10.1016/j.vetmic.2016.10.028. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113516305764>. Acesso em: 02 jun. 2019.

WU, S. *et al.* Two necrotic enteritis predisposing factors, dietary fishmeal and *Eimeria* infection, induce large changes in the caecal microbiota of broiler chickens. **Veterinary Microbiology**,

[*S.l.*], v. 169, p. 188–197, 2014. DOI: 10.1016/j.vetmic.2014.01.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113514000297>. Acesso em: 02 jun. 2019.

WU, X. Z.; WEN, Z. G.; HUA, J. L. Effects of dietary inclusion of *Lactobacillus* and inulin on growth performance, gut microbiota, nutrient utilization, and immune parameters in broilers. **Poultry Science**, [*S.l.*], p. 1–8, 2019. DOI: 10.3382/ps/pez166. Disponível em: <https://academic.oup.com/ps/advance-article-abstract/doi/10.3382/ps/pez166/5475141?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 04 mai. 2019.

YADAV, S.; JHA, R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [*S.l.*], v. 10, n. 2, p. 1–11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6332572/>. Acesso em: 05 mai. 2019.

YOUSEFI, M.; KHORSHIDIAN, N.; HOSSEINI, H. An overview of the functionality of inulin in meat and poultry products. **Nutrition & Food Science**, [*S.l.*], v. 48, n. 5, p. 819–835, 2018. DOI: 10.1108/NFS-11-2017-0253. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/NFS-11-2017-0253>. Acesso em: 05 mai. 2019.



LAGES
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

**Comissão de Ética no
Uso de Animais**

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Uso da inulina como prebiótico na alimentação de frangos de corte desafiados com *Clostridium perfringens*", protocolada sob o CEUA nº 3369060819 (ID 000999), sob a responsabilidade de **Marcel Manente Boiago** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 09/08/2019.

We certify that the proposal "The use of inulin as a prebiotic in the feeding of broilers challenged with *Clostridium perfringens*", utilizing 320 Birds (320 males), protocol number CEUA 3369060819 (ID 000999), under the responsibility of **Marcel Manente Boiago** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 08/09/2019.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **09/2019** a **11/2019**

Área: **Zootecnia**

Origem: **Animais de proprietários**

Espécie: **Aves**

sexo: **Machos**

idade: **1 a 42 dias**

N: **320**

Linhagem: **Cobb**

Peso: **40 a 3500 g**

Local do experimento: As aves serão criadas no galpão experimental de frangos de corte do setor de avicultura do departamento de zootecnia da UDESC CEO. As análises de qualidade de carne serão feitas no laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal do Departamento de Zootecnia da UDESC CEO.

Lages, 21 de agosto de 2019

Marcia Regina Pfuetzenreiter
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ubirajara Maciel da Costa
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina