

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**LEVEDURA (*Saccharomyces cerevisiae*) E ENZIMA FIBROLÍTICA  
NA DIETA DE CORDEIROS TERMINADOS EM  
CONFINAMENTO**

**RENATA SANTOS FRÓES**

**SALVADOR -BAHIA  
ABRIL 2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**LEVEDURA (*Saccharomyces cerevisiae*) E ENZIMA FIBROLÍTICA  
NA DIETA DE CORDEIROS TERMINADOS EM  
CONFINAMENTO**

**RENATA SANTOS FRÓES  
Bacharela em Zootecnia  
Mestre Em Ciência Animal**

**SALVADOR -BAHIA  
ABRIL 2023**

**RENATA SANTOS FRÓES**

**LEVEDURA (*Saccharomyces cerevisiae*) E ENZIMA FIBROLÍTICA  
NA DIETA DE CORDEIROS TERMINADOS EM  
CONFINAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Zootecnia, da  
Universidade Federal da Bahia como  
requisito parcial para obtenção do título  
de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção de  
ruminantes e Forragicultura

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Lopes Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Thadeu Mariniello Silva

Coorientador: Prof. Dr. Tiago Cunha Rocha

**SALVADOR - BAHIA  
ABRIL 2023**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação  
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Fróes, Renata Santos.

Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e enzima fibrolítica na dieta de cordeiros terminados em confinamento / Renata Santos Fróes. - 2023.

93 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Lopes Oliveira.

Coorientador: Prof. Dr. Thadeu Mariniello Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2023.

1. Zootecnia. 2. Nutrição animal. 3. Cordeiros - Alimentação e rações. 4. Rações - Aditivos. 5. Leveduras. 6. *Saccharomyces cerevisiae*. 7. Enzimas. I. Oliveira, Ronaldo Lopes. II. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

CDD - 636.3

CDU - 636.3

**LEVEDURA (*Saccharomyces cerevisiae*) E ENZIMA  
FIBROLÍTICA NA DIETA DE CORDEIROS TERMINADOS EM  
CONFINAMENTO**

**Renata Santos Fróes**

**Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de  
Doutor em Zootecnia**

**Salvador, 14 de abril de 2023**

**Comissão examinadora:**



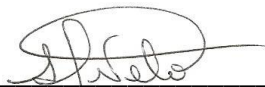
---

**Dr. Ronaldo Lopes Oliveira  
UFBA  
Orientador / Presidente**



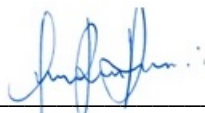
---

**Dra. Analívia Martins Barbosa  
UFBA**



---

**Dr. Américo Fróes Garcez Neto  
UFBA**



---

**Dr. Leilson Rocha Bezerra  
UFCG**



---

**Dr. José Alberto Arce Cordeiro  
UCR**

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

RENATA SANTOS FRÓES - filha de Maria Luzia Nogueira Santos Fróes e Bartolomeu Ribeiro Fróes, nasceu em Salvador – Bahia, em 05 de junho de 1992. Concluiu o ensino médio em 2009, no Colégio Estadual Governador Roberto Santos, município de Salvador – Bahia. Ingressou na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) em março de 2010, no curso de Zootecnia, concluindo-o em agosto de 2015. No mesmo mês e ano ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal em nível de Mestrado, área de concentração Forragicultura e Produção Animal no Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, sob orientação da Professora Doutora Soraya Maria Palma Luz Jaeger. Em setembro de 2015 iniciou a carreira Docente no Centro Territorial de Educação Profissional Alberto Torres na cidade de Cruz das Almas – Bahia, nos cursos Técnico em Zootecnia e Técnico em Agropecuária, até julho de 2018. Em outubro de 2017 ingressou no curso de Pós-graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia- UFBA, nível de doutorado, área de concentração Produção de Ruminantes e Forragicultura, sob orientação do Professor Doutor Ronaldo Lopes Oliveira. Atualmente é vice Coordenadora do Curso de Bacharelado em Zootecnia e Docente dos cursos Bacharelado em Zootecnia e Técnico em Zootecnia do Instituto Federal Baiano – *Campus* Santa Inês, onde atua desde agosto de 2018 e membra da Comissão Estadual de Ensino de Zootecnia do Conselho Regional de Medicina Veterinária e Zootecnia da Bahia (CRMVZ-BA) desde outubro de 2019.

*“Quando os vários grupos de uma comunidade se afirmam o suficiente para que haja respeito mútuo, temos então os pontos básicos para uma integração verdadeira e significativa. No coração da verdadeira integração se encontram os elementos para que cada pessoa e cada grupo cresçam e atinjam a idade almejada. É preciso que cada grupo seja capaz de alcançar seu estilo de vida próprio, sem invadir ou ser frustrado por outro. Do respeito mútuo e da total liberdade de autodeterminação com certeza surgirá uma genuína fusão dos estilos de vida distintos. Essa é a verdadeira integração.”*  
*Steve Biko*

*“Analisando o problema do mundo no que diz respeito a falta de alimento nas mesas de muitas pessoas, concluímos que não é a falta de pão. O problema é a falta de empatia e de amor como a base da consciência política para a transformação social”*  
*Autor desconhecido*

*“Cada tic tac é um segundo da vida que passa, foge, e não se repete. E há nele tanta intensidade, tanto interesse, que o problema é só sabê-lo viver. Que cada um o resolva como puder.”*  
*Frida Kahlo*

*“Procuro despir-me do que aprendi. Procuro esquecer-me do modo de lembrar que me ensinaram. E raspar a tinta com que me pintaram os sentidos. Desencaixotar as minhas emoções verdadeiras. Desembrulhar-me e ser eu.”*  
*Fernando Pessoa*

*Aos meus pais, que com tanto amor me conduzem;  
ao meu irmão que tanto me ensina sobre serenidade  
e ao meu companheiro de vida, de Zootecnia e de luta,  
dedico!*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me conceder saúde para a realização deste doutorado.

À minha mãe Maria Luzia e ao meu pai Bartolomeu, por serem a base da construção das minhas asas, dando-me muito amor e ensinamentos valorosos.

Ao meu irmão Rafael, pelo amor, carinho, amizade e incentivo que sempre me dedicou.

Ao meu companheiro Diego por caminhar comigo de forma tão presente, partilhando dos desafios e das glórias que a educação nos proporciona. Por acreditar comigo e ajudar a fazer dos nossos sonhos as melhores realidades.

À Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela oportunidade de realização deste curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelos ensinamentos, em especial a meu orientador Doutor Ronaldo Lopes Oliveira, a quem eu considero um dos maiores pesquisadores da Zootecnia brasileira – uma grande honra ser sua orientanda.

Aos meus coorientadores Doutor Thadeu Mariniello e Doutor Tiago Cunha, por contribuírem de forma amigável e empática, cada um do seu modo, na condução deste trabalho – vocês foram essenciais!

À grande amiga Daniela Pionorio, por toda dedicação, organização e competência ao me auxiliar a conduzir este trabalho e por construir comigo uma bonita história de irmandade e parceria.

À todos os colegas e amigos da UFBA/UFRB pelas contribuições, em especial Pedro Mazza, que desde a graduação é um grande parceiro e Mailin Vasconcelos, por viver comigo as primeiras experiências deste desafio, mesmo as não tão boas.

À todas as funcionárias e funcionários da Fazenda Experimental da UFBA em São Gonçalo.

Aos colegas e estudantes do IFBaiano *campus* Santa Inês por toda compreensão e colaboração em tantos momentos que precisei.

A todas(os) que de alguma forma contribuíram – certamente são inúmeras(os) e não caberiam neste texto - mas deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

## LISTA DE TABELAS

### **Capítulo I. Desempenho produtivo de cordeiros em confinamento alimentados com dietas contendo leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) associada à enzima fibrolítica**

Tabela 1. Ingredientes e composição bromatológica da dieta experimental.....	45
Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes.....	46
Tabela 3. Consumo de nutrientes (g.dia-1) de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica .....	50
Tabela 4. Desempenho e características de carcaça de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica.....	51
Tabela 5. Peso e rendimento dos cortes comerciais da carcaça de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica .....	52
Tabela 6. Concentrações séricas de metabólitos sanguíneos e enzimas plasmáticas de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica .....	53

### **Capítulo II. Qualidade da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) associadas à enzima fibrolítica**

Tabela 1. Ingredientes e composição bromatológica da dieta experimental.....	70
Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes.....	71
Tabela 3. Desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica.....	72
Tabela 4. Características qualitativas do lombo de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica.....	79
Tabela 5. Perfil de ácidos graxos do lombo de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica .....	80
Tabela 6. Relação entre os ácidos graxos da carne de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica.....	81
Tabela 7. Avaliação sensorial do lombo de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica .....	82

## LISTA DE SIGLAS

A:G – Albumina/globulina

AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta

AGM – Ácidos graxos monoinsaturados

AGP – Ácidos graxos poliinsaturados

AGS - Ácidos graxos saturados

AGV – Ácidos graxos voláteis

ALT – Alanina-aminotransferase

AOAC – Association of Analytical Communities

AOL - Área de olho de lombo

AST – Aspartato-aminotransferase

CA – Conversão alimentar

CFDNcp - Consumo de fibra detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas

CH<sub>4</sub> - Metano

CLA – Ácido linoleico conjugado

CNF - Carboidratos não-fibrosos

d – dia

dl – Decilitro

EE – Extrato etéreo

EFE – Enzima fibrolítica exógena

EGS – Espessura de gordura subcutânea

EPM - Erro padrão da média

FDA – Fibra em detergente acido

FDN - Fibra em detergente neutro

FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína

g – Gramas

GGT - Gama-glutamilttransferase

GMD - Ganho médio diário

h - hora

h:H - Relação ácidos graxos hipocolesterolêmico: hipercolesterolêmico

IA – Índice de aterogenicidade  
IT – Índice de trombogenicidade  
Kg – Quilograma  
kgf - Quilograma-força  
l - Litro  
m - metro  
mg – Miligrama  
min – minuto  
ml – Mililitro  
MM - Matéria mineral  
mm- Milímetro  
mmol - milimol  
MN - Matéria natural  
MO - Matéria orgânica  
MS - Matéria seca  
N – Nitrogênio  
NDT - Nutrientes digestíveis totais  
NH<sub>3</sub> - Amônia  
NRC - Nutrient Research Council  
PB - Proteína bruta  
PCF – Peso de carcaça fria  
PCQ – Peso de carcaça quente  
PF – Peso final  
pH – potencial hidrogeniônico  
PV - Peso vivo  
PVA – Peso vivo ao abate  
RCC – Rendimento comercial de carcaça  
RCF - Rendimento de carcaça fria  
RCQ – Rendimento de carcaça quente  
rpm – rotações por minuto

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	13
REVISÃO DE LITERATURA GERAL.....	14
2.1 Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	14
2.1.1 Características gerais do aditivo.....	14
2.1.2 Efeitos da levedura na dieta de ruminantes.....	15
2.1.3 Efeitos da levedura na qualidade da carne .....	19
2.2 Enzima Fibrolítica Exógena (EFE) .....	21
2.2.1 Características gerais do aditivo.....	21
2.2.2 Efeitos da enzima fibrolítica exógena na dieta de ruminantes.....	23
2.2.3 Efeitos da enzima fibrolítica exógena na qualidade de carne .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
CAPÍTULO I.....	39
RESUMO .....	40
ABSTRACT .....	41
INTRODUÇÃO .....	42
MATERIAL E MÉTODOS .....	43
<i>Localização, animais e procedimentos gerais</i> .....	43
<i>Consumo de nutrientes e desempenho dos animais</i> .....	46
<i>Avaliação dos metabólitos sanguíneos</i> .....	47
<i>Características de carcaça</i> .....	48
<i>Análise estatística</i> .....	49
RESULTADOS.....	50
DISCUSSÃO .....	54
CONCLUSÃO .....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
CAPÍTULO II .....	63
RESUMO .....	64
ABSTRACT.....	65
INTRODUÇÃO .....	66
MATERIAL E MÉTODOS .....	68
<i>Localização, animais e procedimentos gerais</i> .....	68

<i>Abate, coleta de dados e características de carcaça</i> .....	71
<i>Parâmetros físico-químicos da carne</i> .....	72
<i>Perfil de ácidos graxos da carne</i> .....	74
<i>Análise sensorial</i> .....	75
<i>Análise estatística</i> .....	76
RESULTADOS .....	77
DISCUSSÃO .....	82
CONCLUSÃO .....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES .....	92

## INTRODUÇÃO GERAL

A preocupação dos consumidores em relação à qualidade dos produtos de origem animal e com as questões ambientais em todo o mundo é uma realidade atual. A população global cada vez maior, junto à evolução das necessidades dos consumidores e mudanças nos modelos de consumo, proporciona desafios à sustentabilidade da produção de alimentos. Com isso, tem aumentado a demanda mundial por produtos de origem animal que, na sua produção, apliquem estratégias para aumentar a produtividade respeitando o bem-estar animal e a sustentabilidade econômica e ambiental (LEROY *et al.*, 2022).

O uso de aditivos alimentares para cordeiros, que favoreçam um maior aproveitamento da dieta, aumento da capacidade hidrolítica total do rúmen, e consequentemente melhore o desempenho por promover maiores ganhos de peso e melhoria na carcaça, são estratégias essenciais para favorecer a qualidade da carne e a rentabilidade da cadeia produtiva.

Leveduras e enzimas exógenas são aditivos utilizados para ruminantes com o propósito de melhorar a eficiência digestiva e produtiva, garantir a saúde ruminal e reduzir o impacto da pecuária sobre o meio ambiente (CAGLE *et al.*, 2020; TORRES *et al.*, 2022). As leveduras contribuem para o crescimento de bactérias consumidoras de lactato, bem como de populações de bactérias celulolíticas, auxiliando sequencialmente na estabilização do pH do rúmen e aumentando a capacidade de degradar a fibra, sendo a espécie mais utilizada como aditivo a *Saccharomyces cerevisiae* (BATISTA *et al.*, 2022; SHRUTHI *et al.*, 2022). As enzimas fibrolíticas exógenas por sua vez, favorecem o aumento do desempenho animal devido a melhorias na digestão das fibras, principalmente as de baixa qualidade, e o consequente aumento da capacidade hidrolítica total do rúmen, resultando em maior aproveitamento da dieta (TIRADO-GONZÁLEZ *et al.*, 2021; SVELA *et al.*, 2022).

No entanto, os testes que avaliam as quantidades ideais a serem adicionadas na dieta e os efeitos desses aditivos no desempenho de cordeiros na dieta de cordeiros ainda são divergentes na literatura, sobretudo avaliando tais aditivos em associação e utilizando maiores níveis de concentrado na dieta. Dessa forma, hipotetizamos que a inclusão da

levedura *S. cerevisiae* associada à enzima fibrolítica na dieta de cordeiros em terminação melhora o desempenho produtivo.

## REVISÃO DE LITERATURA GERAL

### 2.1 Levedura *Saccharomyces cerevisiae*

#### 2.1.1 Características gerais do aditivo

As leveduras são microrganismos unicelulares, microscópicos, que medem aproximadamente de 3-4  $\mu\text{m}$ . São eucarióticos, classificados no reino dos fungos, possuem membrana nuclear e paredes celulares (STOLP *et al.*, 2022). São seres heterotróficos e obtêm seu alimento através da produção e liberação de enzimas proteolíticas, glicolíticas, ou lipolíticas que digerem a matéria orgânica de forma extracelular, para em seguida ocorrer a absorção de aminoácidos e monossacarídeos através da parede celular (YU *et al.*, 2018); sintetizam proteínas com alto valor biológico, além de vitaminas do complexo B e minerais (VOHRA *et al.*, 2016).

A propagação da levedura ocorre em condições aeróbias. Para ocorrer o crescimento eficiente das suas células, essas convertem oxigênio e açúcar em dióxido de carbono e energia através do metabolismo oxidativo (KERNBACH *et al.*, 2022). Os componentes químicos intracelulares das células de levedura incluem aminoácidos, carboidratos, peptídeos, glutamato monossódico, ácidos nucleicos (RNA), enzimas e cofatores. As paredes celulares contêm glucanos, glicoproteínas, mananas e quitina (YU *et al.*, 2018). Dessa forma, a combinação destes compostos torna as leveduras interessantes, não apenas como suplementos nutricionais, mas também como um probiótico nutracêutico eficiente (SHURSON, 2018). Sua utilização na alimentação animal é conhecida por aumentar a qualidade nutritiva da dieta, o aproveitamento da ração e por conter compostos que demonstraram melhorar o desempenho e a saúde do animal (AMIN e MAO, 2021; TORRES *et al.*, 2022).

Existem vários produtos de levedura disponíveis comercialmente para serem utilizados na nutrição animal, incluindo, a levedura viva, sua parede celular, culturas e extratos (BATISTA *et al.*, 2022). Dentre as espécies, a *S. cerevisiae* é a mais utilizada



como aditivo alimentar para ruminantes (SHRUTHI *et al.*, 2022). Esta apresenta um selo de QPS (Presunção de Segurança Qualificada) de acordo com a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) e é amplamente utilizada como probiótico em todo o mundo, devido a seus benefícios à saúde (EFSA, 2020).

### 2.1.2 Efeitos da levedura na dieta de ruminantes

Na nutrição animal, a *S. cerevisiae* tem sido uma ferramenta importante e vários benefícios têm sido relatados. Como aditivo para ruminantes, pode proporcionar a modulação dos microrganismos do rúmen, favorecendo a estabilização do pH ruminal e o aumento de microrganismos degradadores da fibra, o que consequentemente contribui para aumento do desempenho animal (LI *et al.*, 2021; BATISTA *et al.*, 2022).

A adição de levedura pode neutralizar os efeitos acidóticos de dietas ricas em concentrado por meio da competição com bactérias produtoras de lactato (*Streptococcus bovis* e *Lactobacillus*) pelo açúcar disponível, e por fornecer nutrientes para estimular o crescimento de bactérias utilizadoras de lactato (*Megasphaera elsdenii*) (OGUNADE *et al.*, 2019; AMIN e MAO, 2021). Helal e Abdel-Rahman, (2010) estudaram a suplementação de *S. cerevisiae* sobre o metabolismo do lactato e observaram que células de leveduras vivas foram capazes de superar a *Streptococcus bovis* na utilização de glicose, reduzindo a quantidade de açúcares fermentáveis disponíveis para a bactéria e, portanto, a quantidade de lactato produzido. Bach *et al.* (2019) estudaram a suplementação de *S. cerevisiae* em vacas de leite e relataram que a levedura proporciona aumento da contagem das bactérias que usam lactato, como a *Megasphaera* e *Selenomonas*, confirmando seu papel na diminuição da concentração de ácido lático e ajudando a manter o pH ruminal normal.

O efeito da levedura sobre o pH é importante sobretudo nos sistemas intensivos que exigem alta produção de leite e rápido estímulo de crescimento muscular para animais de corte. Para atingir esse objetivo, nutricionistas utilizam dietas ricas em carboidratos fermentescíveis que aumentam o risco de distúrbios metabólicos como a acidose (ASCHENBACH *et al.*, 2011; TIAN *et al.*, 2020). A acidose é ocasionada pelo acúmulo

de ácido lático produzido no rúmen através da fermentação microbiana, principalmente de dietas com excesso de carboidratos solúveis (OWENS *et al.*, 1998). Com a elevada acidificação do rúmen, ocorre então a morte de protozoários e várias espécies de bactérias, principalmente as degradadoras de fibra, o que aumenta ainda mais a concentração de lactato, provocando uma maior redução do pH ruminal (MATTHEWS *et al.*, 2018). Portanto, esses distúrbios estão associados a um desequilíbrio do ecossistema microbiano ruminal e prejudicam o funcionamento normal do órgão, o que pode causar redução no consumo de ração, problemas de saúde e baixa produtividade (XU *et al.*, 2018). Dessa forma, a utilização de levedura em dietas para ruminantes pode ser um meio prático para manter a função ruminal normal e a saúde do animal. Marden *et al.* (2013) avaliaram o efeito da adição de levedura (4 g/dia) na otimização do pH ruminal durante a acidose induzida em vacas leiteiras e observaram que o aditivo foi eficiente em aumentar o potencial redox do rúmen, com redução nas proporções molares de lactato em até 55%, e aumento das proporções de propionato e acetato. Ao avaliar a adição de levedura (5 g/dia) na dieta de ovinos, variando em diferentes proporções de volumoso: concentrado (inicialmente 40:60, após 20 dias passaram para 60:40, fazendo a alternância mais duas vezes sem adaptação prévia). Tavares *et al.* (2018) relataram que o ganho de peso dos animais aumentou com a suplementação de levedura em todos os períodos e quando o fornecimento de concentrado era maior, os animais apresentaram uma maior eficiência alimentar.

A estabilização do pH ruminal proporcionado pela adição da levedura também contribui para aumentar a contagem de bactérias fibrolíticas, como a *Ruminococcus* e *Fibrobacter*, o que favorece o aumento da degradação de fibras no rúmen (BACH *et al.*, 2019). Em um estudo conduzido por Zhu *et al.* (2017), os autores observaram aumento da população de fungos e de algumas bactérias degradadoras de celulose (*Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* e *Fibrobacter succino*) após a adição de levedura na dieta de vacas leiteiras alimentadas com forragem de baixa qualidade. A este fator, os autores atribuíram à capacidade da levedura de fornecer nutrientes que estimulam o crescimento das bactérias celulolíticas.

A suplementação com levedura pode ainda, por meio da alteração da população microbiana do rúmen, com o ambiente mais propício para bactérias fibrolíticas, causar uma mudança no tipo e nas proporções de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)

produzidos (AMIN e MAO, 2021). Xiao *et al.* (2016), relataram que a adição de levedura à dieta de bezerras (com 56 dias de vida) foi eficaz em aumentar a concentração de butirato e propionato no rúmen. Zhu *et al.* (2017), também observaram aumento da concentração de butirato, acetato, propionato e na concentração total dos AGCC após a suplementação de levedura na dieta de vacas leiteiras. Esta alteração ocorre tanto pelo aumento de microrganismos celulolíticos, como pela capacidade da levedura de estimular o crescimento de *Megasphaera elsdenii* (PINLOCHE *et al.*, 2013; MALEKKHAHI *et al.*, 2016), um importante microrganismo que degrada o lactato em propionato e butirato (CHEN *et al.*, 2019). Como o propionato é a principal fonte de suprimento de energia para o ruminante e um dos principais substratos para a gliconeogênese (DIJKSTRA *et al.*, 2012), ele é rapidamente absorvido pelas papilas ruminais. De forma semelhante, o butirato também é utilizado para produção de energia, bem como, para desenvolvimento epitelial das papilas ruminais (LAARMAN *et al.*, 2012). Todos esses efeitos podem favorecer o desempenho animal como um todo, como relatado em alguns estudos. Perdomo *et al.* (2020) avaliaram os efeitos do fornecimento de diferentes quantidades de levedura (0; 0,5 ou 1,0 g/d) no desempenho e digestibilidade de nutrientes em vacas da raça Holandesa. Os autores relataram que houve aumento linear no rendimento de leite e na digestibilidade das diferentes frações da dieta e aumento da produção de acetato e no pH ruminal. Os autores concluíram que essas respostas foram devido aos efeitos diretos da levedura na atividade microbiana ruminal.

A levedura também pode ser favorável à redução da produção de metano nos ruminantes. Lila *et al.* (2004) observaram redução na produção de metano, quando analisaram os efeitos de diferentes concentrações (0; 0,33; 0,66; 0,99 e 1,32 g/L) de uma cepa de célula viva de *S. cerevisiae* na fermentação *in vitro* em uma dieta contendo 60,5:39,5 de proporção volumoso: concentrado. A redução das emissões de metano pelos animais ocorre pela ação das leveduras sobre a fermentação ruminal, estimulando o crescimento de bactérias acetogênicas, que competem com microrganismos metanogênicos pelo substrato (Hidrogênio) (NEWBOLD e RODE, 2006). A conversão de amônia em proteína microbiana também pode aumentar, contribuindo para a eficiência de utilização do nitrogênio dietético, exercendo influência positiva sobre a mitigação de metano por ruminantes, o que possibilita o aumento do desempenho animal (MWENYA *et al.*, 2004; CHAUCHEYRAS-DURAND *et al.*, 2008).

Outro dado importante é que alguns aditivos comumente utilizados na nutrição animal estão sendo proibidos em muitos países, como é o caso dos antibióticos ionóforos. Isso ocorre devido a crescente preocupação com a segurança dos alimentos, e o uso de antibióticos na alimentação animal pode contribuir para a formação de populações de bactérias resistentes (YIRGA, 2015). Fereli *et al.* (2010) compararam o uso de *S. cerevisiae* com o uso de antibiótico à base de monensina sódica em dieta para bovinos. Os autores relataram que os animais que receberam a dieta contendo a levedura foram mais eficientes na degradação dos nutrientes e apresentaram melhor digestão ruminal de carboidratos estruturais. Pancine *et al.* (2020) avaliaram a adição da *S. cerevisiae* (16 g/dia) associada a adição de monensina na dieta de bovinos em terminação e, diferente da pesquisa anterior, esses autores não detectaram efeitos do aditivo para características de ganho de peso, ingestão de alimento, eficiência alimentar e qualidade da carcaça.

De forma geral, vários são os efeitos benéficos relatados com o uso da levedura na dieta de ruminantes, predominando as pesquisas com bovinos. No entanto, os estudos que utilizam este aditivo na dieta parecem ser inconclusivos devido a vários fatores, como a quantidade de levedura fornecida, o estado de saúde do animal, o período de lactação, o curto período experimental ou o pequeno número de animais utilizados (BATISTA *et al.*, 2022; SCHLABITZ *et al.*, 2022; TORRES *et al.*, 2022).

Vale ressaltar também que, devido à grande quantidade de produtos contendo levedura, ainda é difícil para os nutricionistas diferenciar as características e composição, para assim determinar as doses ideais de aplicação. A maioria desses produtos contém combinações de probióticos e compostos nutracêuticos com diferentes modos de ação, dificultando a interpretação de quais compostos contribuem para as respostas específicas observadas (SHURSON, 2018). Além disso, o rúmen abriga um ecossistema microbiano complexo, portanto, os efeitos podem mudar a partir da interação entre a microbiota do meio ruminal e a dieta (TRIPATHI e KARIM, 2010).

Cagle *et al.* (2020) estudaram os efeitos da levedura *S. cerevisiae* nos parâmetros ruminais e digestibilidade *in situ* para bovinos em quatro doses (0; 2,5; 5 e 10 g/dia). Os autores concluíram que a levedura afetou os parâmetros de digestibilidade do rúmen, mas o padrão de resposta variou dependendo do tipo de dieta e sugeriram que a dose ideal de levedura pode ser maior do que o atualmente recomendada para uso prático em fazendas. Salinas-Chavira *et al.* (2017) avaliaram quatro doses de cultura de levedura (0; 195; 390

ou 585 mg/kg de matéria seca) na dieta de novilhos mestiços e relataram que apenas a dose máxima testada do aditivo contribuiu para aumentar o consumo de matéria seca, o ganho médio diário, e o peso final da carcaça. Stefenoni *et al.* (2020) avaliaram a suplementação de levedura durante o período de transição em vacas leiteiras e não detectaram diferença na ingestão de matéria seca, na produção de leite, nos parâmetros de saúde ou reprodutivos, mas aumentou as concentrações de proteína e gordura do leite.

Dessa forma, existe o potencial benéfico da levedura na nutrição dos ruminantes, mas os resultados encontrados na literatura são controversos, necessitando, portanto, mais estudos, tanto com relação as doses a serem utilizadas, como seus efeitos nas diferentes espécies de ruminantes.

### **2.1.3 Efeitos da levedura na qualidade da carne**

Alguns estudos avaliaram os efeitos da *S. cerevisiae* na qualidade da carne de ruminantes, que de forma geral, pode contribuir em diversos aspectos, como por exemplo na textura, sabor e aroma (YANG *et al.*, 2012; LIU *et al.*, 2018; YALCIN *et al.* 2019). Devido aos efeitos benéficos da levedura na fermentação ruminal e por contribuir com uma melhor eficiência do uso de nutrientes e na síntese de proteína microbiana, pode resultar em uma maior deposição de proteína na carne. Além disso, a fermentação ruminal pode afetar o metabolismo energético, causando uma redução no estresse oxidativo e uma melhora geral na qualidade da carne (ZHANG *et al.*, 2018).

Um dos principais efeitos da suplementação de *S. cerevisiae* na qualidade da carne é a melhoria da maciez, atributo importante, pois está diretamente relacionado à sua palatabilidade e afeta diretamente a preferência do consumidor. Estudos mostram que a levedura pode aumentar a atividade das enzimas proteolíticas, principalmente as calpaínas e as catepsinas, que são responsáveis por quebrar as proteínas musculares durante o processo de transformação da carne (KHAN *et al.*, 2020). Zhang *et al.* (2018) sugerem que a melhora da maciez da carne pode estar relacionada à estimulação da atividade dessas enzimas proteolíticas, bem como à redução do estresse oxidativo nas células musculares.

O estudo de Khan *et al.* (2020) mostrou que a suplementação de *S. cerevisiae* na dieta de ovinos também contribui para um aumento nos níveis de antioxidantes na carne, como a vitamina E e selênio. Os autores sugerem que isso pode ser devido à melhoria da saúde intestinal e imunidade dos animais, bem como a capacidade da levedura de aumentar a absorção de nutrientes essenciais. Além disso, a suplementação de *S. cerevisiae* pode ter um efeito direto sobre a capacidade antioxidante dos tecidos musculares.

Além da maciez, a suplementação de *S. cerevisiae* também pode afetar a cor da carne de ruminantes. Um estudo realizado por Zhang *et al.* (2018) demonstraram que a adição de levedura na dieta de ruminantes pode aumentar a concentração de carotenoides na carne, o que resulta em uma cor mais intensa. Os carotenoides são pigmentos naturais presentes em alimentos vegetais que podem ser convertidos em vitamina A pelo organismo (BHATTI *et al.* 2021).

A adição de levedura *S. cerevisiae* na dieta de cordeiros também pode afetar a composição de gorduras da carne, aumentando o teor de CLA ácido linoleico conjugado, gorduras insaturadas, ômega-3 e ômega-6, que são essenciais para a saúde humana, pois o organismo não é capaz de produzi-las e, portanto, devem ser obtidas através da dieta (CHEN *et al.*, 2014; Lin *et al.* 2021). Seu efeito no perfil de ácido graxo da carne ocorre devido à sua capacidade de modificar a fermentação ruminal. A levedura pode alterar a relação entre as populações de microrganismos no rúmen, modificar a produção de AGCC produzidos no rúmen e, conseqüentemente, aumentar a síntese de gorduras ômega-3 e ômega-6 na carne de ruminantes (PONNAMPALAM *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2018). Além disso, a levedura *S. cerevisiae* pode aumentar a absorção de gorduras no intestino delgado dos ruminantes, aumentando a concentração dessas gorduras na corrente sanguínea e, conseqüentemente, na carne (CHEN *et al.*, 2014).

De acordo com o estudo de Ponnampalam *et al.* (2016), a suplementação de levedura *S. cerevisiae* em cordeiros resultou em um aumento na concentração de gorduras ômega-3 e ômega-6 na carne. Além disso, o mesmo estudo demonstrou que a suplementação foi mais efetiva em cordeiros mais jovens (4-6 meses), enquanto em cordeiros mais velhos (8-10 meses) houve uma melhora na maciez da carne.

No entanto, é importante ressaltar que os resultados podem variar de acordo com a dosagem, tempo de suplementação e composição da dieta, além de outros fatores

relacionados ao manejo e abate dos animais. Alguns estudos não observaram efeito da levedura na qualidade de carne. Ponnampalam *et al.* (2017), por exemplo, não encontraram diferenças significativas na maciez, suculência e sabor da carne de cordeiros suplementados com *S. cerevisiae* em comparação com um grupo controle. Os autores sugeriram que a falta de efeito da suplementação com *S. cerevisiae* na qualidade da carne de cordeiro pode estar relacionada à composição da dieta e às condições ambientais. Além disso, os autores apontaram que o período de suplementação pode ter sido insuficiente (42 dias) para observar alterações na qualidade da carne.

Rooney *et al.* (2020) também não encontraram diferenças na qualidade da carne de bovinos suplementados com *S. cerevisiae* em comparação com um grupo controle. Os autores apontaram que a falta de efeito da suplementação com *S. cerevisiae* na qualidade da carne pode ter sido influenciada por diversos fatores, como a dose (10 g/dia e 20 g/dia por animal) e a duração da suplementação (90 dias), bem como as condições ambientais em que os animais estavam. Além disso, os autores também mencionaram que a interação entre esses fatores pode ter sido complexa e que a suplementação com *S. cerevisiae* pode não ter sido suficiente para superar outros fatores que interferem a qualidade da carne, como o estresse do animal durante o abate.

## **2.2 Enzima Fibrolítica Exógena (EFE)**

### **2.2.1 Características gerais do aditivo**

Enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) são enzimas comerciais usadas na indústria de nutrição animal. As mais utilizadas como aditivos para ruminantes são as celulases e xilanases (ADESOGAN *et al.*, 2019), que são produzidas a partir de fermentações bacterianas ou fúngicas e possuem atividades enzimáticas específicas (CRUZ-DAVILA *et al.*, 2022).

A biotecnologia para produção comercial dessas enzimas com o objetivo de melhorar a digestibilidade dos alimentos para os animais e o consequente aumento do aproveitamento da dieta, começou no início da década de 1980, com estudos sobre a ação

de enzimas extraídas principalmente de *Aspergillus sp.* e *Trichoderma sp.* (CARRILLO-DÍAZ *et al.*, 2022).

Especificamente na alimentação de ruminantes, as EFE's têm sido utilizadas para melhorar digestão ruminal da fibra, resultando em maior disponibilidade de carboidratos presentes na parede celular da forragem (TIRADO-GONZÁLEZ *et al.*, 2021). A parede celular da forragem é composta por diferentes proporções de celulose, hemicelulose, pectina, lignina e minerais. Esses constituintes são variáveis entre as espécies e estágios de desenvolvimento das plantas (BEHR *et al.*, 2022). Suas quantificações ocorrem por meio de análises laboratoriais e a soma de celulose, hemicelulose e lignina de uma forragem é estabelecida como Fibra em Detergente Neutro (FDN) (VAN SOEST, 1994). A celulose e a hemicelulose são os constituintes mais abundantes. A molécula de celulose é composta por monômeros de glicose unidos por ligações  $\beta$ -glicosídicas, que formam fibras densas ligadas por atração eletrostática e forças de Van der Waals (BAKRI e RAHMAN, 2022). A hemicelulose consiste em um grupo heterogêneo de polissacarídeos, incluindo D-xilose, D-manose, D-galactose, L-arabinose e ácido 4-O-metil D-glucurônico, unidos por ligações  $\beta$ -1,4 (ZENG *et al.*, 2017).

De forma natural, os microrganismos ruminais, em uma interação simbiótica com o hospedeiro ruminante, são os responsáveis por produzir as enzimas fibrolíticas, como as celulases: endoglucanases, exoglucanases e beta-glicosidases; as xilanases e a lignina peroxidase, que agem degradando as fibras vegetais (TAKIZAWA *et al.*, 2020). Essas enzimas promovem a quebra das ligações glicosídicas e a consequente liberação dos monômeros. As celulases hidrolisam a fibra da parede celular vegetal em glicose, celobiose ou celooligossacarídeos, e as xilanases catalisam a hidrólise de ligações 1,4 beta-D-xilosídicas em xilanos, que são constituintes da hemicelulose (SINGH *et al.*, 2022). Os açúcares fermentescíveis liberados são então absorvidos por microrganismos que utilizam carboidratos, e assim, os convertem em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que são as principais fontes de energia para ruminantes (SESHADRI *et al.*, 2018). As bactérias fibrolíticas mais numerosas presentes no rúmen são: *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* e *Ruminococcus flavefaciens* (KARRI *et al.*, 2021).

No entanto, a matéria seca da forragem contém entre 40-70% de constituintes de paredes celulares e mesmo em condições ideais para os microrganismos, como



temperatura e pH, a digestibilidade destes constituintes no trato digestório é geralmente inferior a 65% (VAN SOEST, 1994). Isso ocorre porque a taxa de degradação da forragem é dependente da quantidade de lignina, quanto maior a quantidade de componentes lignificados, maior é a resistência à hidrólise das estruturas, demandando grande quantidade de enzimas produzidas pelos microrganismos, o que na maioria das vezes parece ser insuficiente (KARRI *et al.*, 2021). Uma baixa degradação causa a redução da taxa de passagem no trato digestório, causando redução no consumo de matéria seca (MS), com efeitos negativos na produção animal. Assim, a adição de EFE pode ser uma estratégia para aumentar a utilização de forragem e melhorar a eficiência produtiva dos ruminantes (ARRIOLA *et al.*, 2017).

### **2.2.2 Efeitos da enzima fibrolítica exógena na dieta de ruminantes**

Os resultados encontrados na literatura sobre os efeitos das EFE para ruminantes são variados. Isso pode ser explicado devido à influência de vários fatores, incluindo: dose, composição (EUN e BEAUCHEMIN, 2005), pH e temperatura predominantes no meio (ARRIOLA *et al.*, 2017), ingredientes da dieta, fração alimentar à qual a enzima é aplicada (DEAN *et al.*, 2013), manuseio dos produtos enzimáticos, tempo e métodos de aplicação (BEAUCHEMIN *et al.*, 2003).

A EFE ideal, que parece melhor atender características favoráveis ao desempenho animal, segundo Adesogan *et al.* (2019), deve complementar as atividades fibrolíticas dos microrganismos ruminais para intensificar a degradação da FDN; ser resistente à degradação dos microrganismos ruminais ou à hidrólise por proteases vegetais ou ruminais; ser proveniente de um fungo ou bactéria facilmente cultivável que produz grandes quantidades da enzima; apresentar atividade constante sob condições onde exerce seu efeito hidrolítico; seja termoestável se adicionado durante a fabricação da ração e mantenha sua atividade hidrolítica quando armazenada adequadamente por longos períodos.

Tirado-González *et al.* (2021), revisaram 384 estudos que utilizaram a celulase e xilanase na dieta de ruminantes, com uma base de dados que incluiu informações

variadas como tipo de estudo (*in vitro*, *in situ*, *in vivo*); espécie de ruminantes (ovinos, caprinos, búfalos, bovinos de corte e leiteiro); proporção volumoso concentrado; tipo de forragem (leguminosas ou gramíneas), e tempo de aplicação da enzima. Os autores concluíram que em mais de 52% dos experimentos, a adição da enzima melhorou a degradabilidade da matéria seca, da fibra, aumentou a produção de AGCC e a proporção acetato:propionato. Também aumentou a produção, os teores de proteína e de gordura do leite, e o ganho médio diário para animais de corte (de 7,78 para 21,85%). O que indica que o uso de EFE na dieta de ruminantes pode ser vantajoso. Entretanto, os experimentos que não apresentaram efeito significativo foram por motivos variados e inconclusivos.

Em outra meta-análise sobre o uso de EFE na dieta de ruminantes, Tirado-González *et al.* (2017), relataram que a resposta positiva com o uso da EFE é dependente da dose, da mistura adequada de celulase e xilanase (ou outras enzimas), da composição da dieta e do método de adição da enzima à dieta. Determinar a dose ideal a ser utilizada é necessário para garantir o uso eficiente da enzima, principalmente devido ao seu custo.

Abid *et al.* (2020), ao avaliarem diferentes doses de uma mistura de EFE composta por celulase e xilanase a uma dieta rica em fibras no desempenho de cordeiros, relataram que houve aumento linear da ingestão de matéria seca, da digestibilidade das fibras e do ganho médio diário (em até 10%). Os autores concluíram que a adição de 4 mL / kg de MS das enzimas testadas melhorou o desempenho do cordeiro sem efeitos adversos à saúde animal. Gado *et al.* (2009) estudaram os efeitos de uma mistura de EFE na fermentação ruminal, consumo de ração, digestibilidade, produção e composição do leite de vacas alimentadas com ração contendo 70% de silagem de milho e 30% de concentrado. A adição da mistura de EFE aumentou a síntese proteína microbiana, a ingestão de matéria seca, a digestibilidade de todos os nutrientes e as concentrações totais de AGCC. Zilio *et al.* (2019) avaliaram o uso da EFE xilanase (12 g/dia) isolada e em associação com a enzima amilase (8 g/dia) na dieta de vacas de leite. Os autores concluíram que as enzimas só tiveram efeito na digestibilidade dos nutrientes e na produção de leite quando fornecidas associadas.

Os métodos de adição das EFE à dieta dos ruminantes também devem ser bem estabelecidos e apresentam resultados variados na literatura. Segundo Sujani e Seresinhe (2015), para estabelecer o melhor método de fornecimento, dentre outros fatores, deve-se avaliar o tipo de alimento fornecido e a especificidade da enzima. A adição pode ser por

meio de um pré-tratamento da ração por um período antes da alimentação (por exemplo, adição no momento da produção de silagem ou na colheita das forragens), a aplicação no momento da alimentação (aplicação ao feno, em rações misturadas, ou no concentrado) ou a aplicação direta ao rúmen. Sutton *et al.* (2003) relataram respostas favoráveis para produção de leite de vacas quando a enzima foi adicionada à ração total misturada (RTM), mas não encontraram efeito significativo quando a enzima foi infundida diretamente no rúmen. Os autores sugeriram que a adição de enzimas antes da alimentação altera a estrutura do alimento, tornando-a mais suscetível à degradação ruminal. O oposto foi relatado por Giraldo *et al.* (2008), que, ao avaliarem a adição de EFE (12 g/dia) diretamente no rúmen de ovelhas alimentadas com dieta contendo a relação volumoso: concentrado de 70:30, concluíram que o aditivo foi eficiente em aumentar a atividade fibrolítica e estimular o crescimento de bactérias celulolíticas, mesmo sem o tratamento prévio da dieta com a enzima. Na pesquisa de Arif *et al.* (2019), onde se avaliou os efeitos da adição de EFE (0,25 mL/g de FDN) à dieta com proporções volumoso: concentrado de 70:30 e 60:40, uma hora antes do fornecimento para búfalas lactantes, os autores afirmaram que a adição da EFE proporcionou aumento no consumo e na digestibilidade de nutrientes, bem como na produção, teor de gordura e de sólidos totais do leite. Já no estudo realizado por Sakita *et al.* (2022), foi adicionado EFE (24 horas antes do fornecimento da ração) na dieta de cordeiros em terminação (proporção volumoso: concentrado 70:30) e os autores relataram que não houve efeito no consumo de matéria seca, no ganho médio diário e na conversão alimentar.

Além do efeito sobre a fibra, a adição de enzimas fibrolíticas à dieta proporciona a estimulação das populações microbianas do rúmen e estimula efeitos sinérgicos com hidrolases de microrganismos ruminais (WANG *et al.*, 2001; NSEREKO *et al.*, 2002). O aumento do número de microrganismos pelo uso de enzimas pode resultar em maior biomassa microbiana, o que proporcionaria maior atividade total da polissacaridase na digestão dos alimentos (GADO *et al.*, 2009). Lourenço *et al.* (2020) testaram o uso da enzima xilanase pelo método *in vitro* na digestibilidade e produção de gás, e na dieta de bezerros em *creep feeding*. Os autores relataram que o tratamento com a enzima no estudo *in vitro* maximizou a produção de AGCC e a digestibilidade da MS. No estudo com os animais, a EFE proporcionou uma melhor digestibilidade dos nutrientes, além da melhoria na conversão alimentar, o que resultou em um maior ganho de peso médio diário

para os bezerros. Savela *et al.* (2022) testaram a adição de 10g de enzima na dieta de vacas em lactação e observaram aumento na digestibilidade da fibra, no consumo de matéria seca e na produção de leite. A capacidade hidrolítica do rúmen pode ser favorecida, principalmente devido ao aumento da fixação bacteriana à partícula do alimento (YANG *et al.*, 2000) e adicionando atividades enzimáticas complementares, melhorando a digestibilidade da dieta total fornecida (WANG *et al.*, 2001).

Assim, as melhorias na digestibilidade não se limitam ao componente alimentar ao qual as enzimas são aplicadas. O aumento da capacidade hidrolítica do rúmen também pode levar a um aumento na digestibilidade da fração de carboidratos não-fibrosos, o que explica por que as enzimas fibrolíticas podem ser eficazes em dietas de alto concentrado (BEAUCHEMIN *et al.*, 2003; ARRIOLA *et al.*, 2017). Song *et al.* (2018) avaliaram os efeitos da adição de enzimas fibrolíticas exógenas em dietas com diferentes proporções entre carboidratos não fibrosos (CNF) e fibra em detergente neutro (FDN) no desempenho, digestibilidade de nutrientes e fermentação ruminal em cabras. Os autores observaram que a suplementação da EFE juntamente com a dieta com alta relação CNF/FDN alcançaram o maior ganho médio diário de peso, melhoraram a taxa de conversão alimentar, elevaram o conteúdo das proteínas microbianas ruminais, diminuíram significativamente as concentrações de  $\text{NH}_3$  no rúmen, e aumentaram a produção de AGCC, especialmente a proporção de propionato.

As pesquisas sobre os efeitos do uso de leveduras ou EFE na dieta de ruminantes apresentam resultados diversos. Concomitante, também são escassas ou inexistentes pesquisas avaliando tais aditivos em associação e utilizando maiores níveis de concentrado na dieta. Dessa forma, faz-se necessário pesquisas que possibilitem o conhecimento das respostas sobre consumo, desempenho e outros parâmetros de cordeiros em confinamento.

### **2.2.3 Efeitos da enzima fibrolítica exógena na qualidade de carne**

A adição de enzimas fibrolíticas exógenas na dieta de ruminantes pode favorecer a qualidade da carne de diversas maneiras. Essas enzimas são responsáveis pela

degradação da fibra presente nos alimentos consumidos pelos ruminantes, o que pode levar a um aumento da digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, um aumento do ganho de peso dos animais.

Um estudo de Alcalde *et al.* (2018) avaliou os efeitos da adição de enzimas fibrolíticas exógenas na dieta de cordeiros em relação à qualidade da carne. Os resultados mostraram que a adição de enzimas fibrolíticas levou a um aumento da maciez da carne, provavelmente devido a uma melhor digestibilidade da fibra, com conseqüente aumento da disponibilidade de nutrientes para os músculos, favorecendo o desenvolvimento e crescimento, o que pode contribuir para a melhoria da qualidade da carne. Além disso, houve uma redução no teor de colágeno na carne, o que pode ter contribuído para a melhora da textura e palatabilidade. Segundo os autores, redução do teor de colágeno pode ser atribuída a uma melhor utilização de aminoácidos pela musculatura, que é influenciada pela melhoria da digestibilidade da fibra e disponibilidade de nutrientes. O colágeno é uma proteína estrutural importante na carne, mas em excesso pode levar a uma textura mais dura e menos palatável.

Outro estudo de Da Silva *et al.* (2019) também observou um aumento na maciez da carne de cordeiros suplementados com enzimas fibrolíticas exógenas. Além disso, os autores observaram uma melhora na qualidade nutricional da carne, com um aumento nos teores de proteína e aminoácidos essenciais.

A adição de enzimas fibrolíticas exógenas também pode afetar a composição de gorduras na carne de ruminantes. Um estudo de Qu *et al.* (2020) avaliando os efeitos da adição de enzimas fibrolíticas exógenas na dieta de bovinos e obtendo um aumento na concentração de ácidos graxos insaturados na carne. Essa melhora na composição do perfil de lipídios pode ser devido a uma melhor digestibilidade dos nutrientes e aumento da disponibilidade de nutrientes essenciais na dieta.

No entanto, alguns estudos não demonstraram efeito da enzima fibrolíticas nas características de carne. Zhao *et al.* (2017) não observaram diferenças na maciez, suculência e sabor da carne de cordeiros suplementados com enzimas fibrolíticas exógenas em comparação com um grupo controle. Os autores sugeriram que a falta de efeito das enzimas fibrolíticas na qualidade da carne pode estar relacionada à idade dos animais, que eram cordeiros com idade média de apenas 60 dias. Nesse estágio de vida, a musculatura dos animais ainda não está totalmente desenvolvida, o que pode limitar a

ação das enzimas sobre as fibras musculares e, conseqüentemente, a melhora da maciez da carne.

Chen *et al.* (2018) também não encontraram diferenças significativas na qualidade da carne de bovinos suplementados com enzimas fibrolíticas exógenas em comparação com um grupo controle. Os autores sugeriram que a falta de efeito pode estar relacionada com a dose de enzimas utilizadas (0,1% e 0,2% da MS da dieta) e o tempo de suplementação (90 dias antes do abate), que podem ter sido insuficientes para promover melhorias na qualidade da carne. Além disso, os autores também apontam para a importância de considerar a qualidade da dieta dos animais e outros fatores ambientais que podem afetar a resposta à suplementação com enzimas fibrolíticas exógenas.

Em resumo, a adição de enzimas fibrolíticas exógenas na dieta de ruminantes pode levar a uma melhoria da qualidade da carne, especialmente em relação à maciez, textura e composição de gorduras. No entanto, é importante ressaltar que os resultados podem sofrer variações a depender de diferentes fatores como, idade do animal, espécie, dieta e doses e forma de aplicação do aditivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, K.; JABRI, J.; AMMAR, H.; SAID, S. B.; YAICH, H.; MALEK, A.; REKHIS, J.; LÓPEZ, S.; KAMOUN, M. Effect of treating olive cake with fibrolytic enzymes on feed intake, digestibility and performance in growing lambs. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 261, p. 114405, mar. 2020.

ADESOGAN, A.T. A meta-analysis on the effect of dietary application of exogenous fibrolytic enzymes on the performance of dairy cows. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 100, n. 6, p. 4513-4527, jun. 2017.

ADESOGAN, A.T.; ARRIOLA, K.G.; JIANG, Y.; OYEBADE, A.; PAULA, E.M.; PECH-CERVANTES, A.A.; ROMERO, J.J.; FERRARETTO, L.F.; VYAS, D. Symposium review: technologies for improving fiber utilization. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 102, n. 6, p. 5726-5755, jun. 2019.

ALCALDE, M.J.; O'SULLIVAN, M.G.; BELANCHE, A.; GUADA, J.A.; FONDEVILA, M.; NEWBOLD, C.J. Effect of exogenous fibrolytic enzymes on meat quality and fatty acid profile of lambs. **Meat Science**, 145, pp.308-315. 2018

AMIN, A. B.; MAO, S. Influence of yeast on rumen fermentation, growth performance and quality of products in ruminants: a review. **Animal Nutrition**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 31-41, mar. 2021.

ARIF, M.; AL-SAGHEER, A.A.; SALEM, A.Z.M.; EL-HACK, M.E.; SWELUM, A.A.; SAEED, M.; JAMAL, M.; AKHTAR, M. Influence of exogenous fibrolytic enzymes on milk production efficiency and nutrient utilization in early lactating buffaloes fed diets with two proportions of oat silage to concentrate ratios. **Livestock Science**, [s.l.], v. 219, p. 29-34, jan. 2019. Elsevier

ARRIOLA, K.G.; OLIVEIRA, A.S.; MA, Z.X.; LEAN, I.J.; GIURCANU, M.C.; ADESOGAN, A.T. A meta-analysis on the effect of dietary application of exogenous fibrolytic enzymes on the performance of dairy cows. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 100, n. 6, p. 4513-4527, jun. 2017.

ASCHENBACH, J.R.; PENNER, G. B.; STUMPPFF, F.; GÄBEL, G. RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 89, n. 4, p. 1092-1107, 1 abr. 2011.

BACH, A.; LÓPEZ-GARCÍA, A.; GONZÁLEZ-RECIO, O.; ELCOSO, G.; FÀBREGAS, F.; CHAUCHEYRAS-DURAND, F.; CASTEX, M. Changes in the rumen and colon microbiota and effects of live yeast dietary supplementation during the transition from the dry period to lactation of dairy cows. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 102, n. 7, p. 6180-6198, jul. 2019.

BAKRI, M. K. BIN.; RAHMAN, M. R. Cellulose interunit linkages and model compounds. **Fundamentals And Recent Advances In Nanocomposites Based On Polymers And Nanocellulose**, [S.L.], p. 41-52, 2022. Elsevier.

- BATISTA, L. H. C.; CIDRINI, I. A.; PRADOS, L. F.; CRUZ, A. A. C.; TORRECILHAS, J. A.; SIQUEIRA, G. R.; RESENDE, F. D. A meta-analysis of yeast products for beef cattle under stress conditions: performance, health and physiological parameters. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 283, p. 115182, jan. 2022.
- BEAUCHEMIN, K. A.; COLOMBATTO, D.; MORGAVI, D. P.; YANG, W. Z. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 81, n. 14\_suppl\_2, p. E37-E47, 2003.
- BEHR, M.; J.; MONDHER, E.L.; BAUCHER, M. Glycobiology of the plant secondary cell wall dynamics. **Advances In Botanical Research**, [S.L.], p. 97-131, 2022. Elsevier.
- BHATTI, S.A.; KHAN, S.; ARAIN, M.A.; NAVEED, M. HUSSAIN, R.; AHMAD, M.D.; Carotenoid pigments in ruminant feed: a review. **Animals**, 11(4), 1044. 2021.
- CAGLE, C.M.; FONSECA, M.A.; CALLAWAY, T.R.; RUNYAN, C.A.; CRAVEY, M.D.; TEDESCHI, L.O. Evaluation of the effects of live yeast on rumen parameters and *in situ* digestibility of dry matter and neutral detergent fiber in beef cattle fed growing and finishing diets. **Applied Animal Science**, [s.l.], v. 36, n. 1, p. 36-47, fev. 2020.
- CARRILLO-DÍAZ, M. I.; MIRANDA-ROMERO, L.; A.; CHÁVEZ-AGUILAR, G.; ZEPEDA-BATISTA, J.; L.; GONZÁLEZ-REYES, M.; GARCÍA-CASILLAS, A. C.; TIRADO-ESTRADA, G. Improvement of Ruminant Neutral Detergent Fiber Degradability by Obtaining and Using Exogenous Fibrolytic Enzymes from White-Rot Fungi. **Animals**, v. 12, n. 7, p. 843, 2022.
- CHAUCHEYRAS-DURAND, F.; WALKER, N.D; BACH, A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 145, n. 1-4, p. 5-26, ago. 2008.
- CHEN, LIANMIN.; SHEN, YIZHAO.; WANG, CHAO.; DING, LUOYANG.; ZHAO, FANGFANG.; WANG, MENGZHI.; FU, JINGYUAN.; WANG, HONGRONG. *Megasphaera elsdenii* Lactate Degradation Pattern Shifts in Rumen Acidosis Models. **Frontiers In Microbiology**, [S.L.], v. 10, n. 8, p. 327-345, 7 fev. 2019.
- CHEN, X.; YANG, L.; ZHAO, S.; MA, R.; LIU, G.; ZHANG, Y.; WANG, Z. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* dietary supplementation on lamb meat quality. **Meat Science**, vol. 96, no. 1, pg. 352-357, 2014.
- CHEN, X.B.; LIU, X.L.; ZHANG, Y.G.; YANG, Y.X.; ZHU, L.; DING, B,Y.; ZHANG, Q. Effect of exogenous fibrolytic enzymes on feed digestibility and zootechnical performance of beef cattle. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 9(1), 41. 2018



CRUZ-DAVILA, J.; PEREZ, J. V.; CASTILLO, D.; SOSA, D.; DIEZ, N. *Fusarium graminearum* as a producer of xylanases with low cellulases when grown on wheat bran. **Biotechnology Reports**, [S.L.], v. 35, p. 00738, set. 2022.

DA SILVA, E.M.F.; SILVA, T.M.R.; MEDEIROS, A.N.; FERNANDES, E.A.; MORAIS, J.B.; ARAÚJO, A.R.A. Supplementation of exogenous fibrolytic enzymes improves the nutritional quality of lamb meat. **Small Ruminant Research**, v. 170, p. 24-28, 2019.

DEAN, D. B.; STAPLES, C. R.; LITTELL, R. C.; KIM, S.; ADESOGAN, A. T. Effect of method of adding a fibrolytic enzyme to dairy cow diets on feed intake digestibility, milk production, ruminal fermentation, and blood metabolites. **Animal Nutrition and Feed Technology**, [s.l.] v. 13, n. 3, p. 337-353, 2013.

DIJKSTRA, J.; ELLIS, J.L.; KEBREAB, E.; STRATHE, A.B.; LÓPEZ, S.; FRANCE, J.; BANNINK, A.. Ruminal pH regulation and nutritional consequences of low pH. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 172, n. 1-2, p. 22-33, fev. 2012.

EFSA, 2020. Update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 12: suitability of taxonomic units notified to EFSA until March 2020. *EFSA Journal* 18, 6174.

EUN, J.S.; BEAUCHEMIN, K.A. Effects of a Proteolytic Feed Enzyme on Intake, Digestion, Ruminal Fermentation, and Milk Production. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 88, n. 6, p. 2140-2153, jun. 2005.

FERELI, F.; BRANCO, A.F.; JOBIM, C.C.; CONEGLIAN, S.M.; GRANZOTTO, F.; BARRETO, J.C. Monensina sódica e *Saccharomyces cerevisiae* em dietas para bovinos: fermentação ruminal, digestibilidade dos nutrientes e eficiência de síntese microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 39, n. 1, p. 183-190, jan. 2010.

GADO, H.M.; SALEM, A.Z.M.; ROBINSON, P.H.; HASSAN, M. Influence of exogenous enzymes on nutrient digestibility, extent of ruminal fermentation as well as milk production and composition in dairy cows. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 154, n. 1-2, p. 36-46, out. 2009.

GIRALDO, L. A.; TEJIDO, M. L.; RANILLA, M. J.; RAMOS, S.; CARRO, M. D. Influence of direct-fed fibrolytic enzymes on diet digestibility and ruminal activity in sheep fed a grass hay-based diet<sup>1</sup>. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 86, n. 7, p. 1617-1623, 1 jul. 2008.

HE, Z.X.; HE, M.L.; WALKER, N.D.; MCALLISTER, T.A.; YANG, W.Z. Using a fibrolytic enzyme in barley-based diets containing wheat dried distillers grains with solubles: ruminal fermentation, digestibility, and growth performance of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, [s.l.] V. 92(9), p. 3978-3987, 2014.

HELAL, F. I. S.; ABDEL-RAHMAN, K. A Productive performance of lactating ewes fed diets supplementing with dry yeast and/or bentonite as feed additives. **World Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.] v. 6, n. 5, p. 489-498, 2010.

KARRI, S.; VADELA, M.; B.; GUNDI, V. A. K. B. Fiber degradation strategies of bacteria in rumen ecosystem. Recent Developments In Applied Microbiology And Biochemistry, [S.L.], p. 153-159, 2021.

KERNBACH, S.; KERNBACH, O.; KUKSIN, I.; KERNBACH, A.; NEPOMNYASHCHIY, Y.; DOCHOW, T.; BOBROV, A. V. The biosensor based on electrochemical dynamics of fermentation in yeast *Saccharomyces cerevisiae*. **Environmental Research**, [S.L.], v. 213, p. 113535, out. 2022.

KHAN, M.R.; ELTAHAN, H.M.; MAHMOUD, G.I.; ALHIDARY, I.A.; ABDELRAHIM, S.M.; ALQAHTANI, M.A. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on zootechnical performance, carcass traits, meat quality and lipid profile of Najdi sheep. **Animals**, 10(5), 813. 2020.

LAARMAN, A.H.; RUIZ-SANCHEZ, A.L.; SUGINO, T.; GUAN, L.L.; OBA, M.. Effects of feeding a calf starter on molecular adaptations in the ruminal epithelium and liver of Holstein dairy calves. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 95, n. 5, p. 2585-2594, maio 2012.

LEROY, F.; ABRAINI, F.; BEAL, T. Y.; DOMINGUEZ-SALAS, P.; GREGORINI, P.; MANZANO, P.; ROWNTREE, J.; VAN VLIET, S. Animal board invited review: animal source foods in healthy, sustainable, and ethical diets an argument against drastic limitation of livestock in the food system. **Animal**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 100457, mar. 2022.

LI, Y.; SHEN, Y.; NIU, J.; GUO, Y.; PAULINE, M.; ZHAO, X.; LI, Q.; CAO, Y; BI, C.; ZHANG, X. Effect of active dry yeast on lactation performance, methane production, and ruminal fermentation patterns in early-lactating Holstein cows. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 104, n. 1, p. 381-390, jan. 2021.

LILA, Z.A.; MOHAMMED, N.; YASUI, T.; KUROKAWA, Y.; KANDA, S.; ITABASHI, H. Effects of a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation *in vitro*. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 82, n. 6, p. 1847-1854, 1 jun. 2004.

LIN, Y.; CHEN, Y.; LI, Y.; LI, Y.; LI, Q.; LI, G. Effects of adding the fermentation product *Saccharomyces cerevisiae* to lamb diets on zootechnical performance, nutrient digestibility, meat quality and serum levels. **Journal of Animal Science**, 99(4), skab109. 2021

LIU, P.; YANG, M.; YAN, T.; JIANG, L.; JIANG, Y.; XIONG, B. Effects of feed supplementation with live yeast and mannan oligosaccharide on zootechnical performance, slaughter performance and meat quality of Boer goats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, no. 1, pg. e343-e350, 2018.

LOURENÇO, J.M.; MAIA, F.J.; BITTAR, J.H.J.; SEGERS, J.R.; TUCKER, J.J.; CAMPBELL, B.T.; STEWART, R.L. Utilization of exogenous enzymes in beef cattle

creep feeds. **Journal Of Applied Animal Research**, [s.l.], v. 48, n. 1, p. 70-77, 1 jan. 2020.

MALEKKHAHI, M.; TAHMASBI, A.M.; NASERIAN, A.A.; DANESH-MESGARAN, M.; KLEEN, J.L.; ALZAHAL, O.; GHAFARI, M.H. Effects of supplementation of active dried yeast and malate during sub-acute ruminal acidosis on rumen fermentation, microbial population, selected blood metabolites, and milk production in dairy cows. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 213, p. 29-43, mar. 2016.

MARDEN, J. P.; BAYOURTHE, C.; AUCLAIR, E.; MONCOULON, R. A Bioenergetic-Redox Approach to the Effect of Live Yeast on Ruminal pH during Induced Acidosis in Dairy Cow. **American Journal Of Analytical Chemistry**, [s.l.], v. 04, n. 10, p. 60-68, 2013.

MATTHEWS, C.; CRISPIE, F.; LEWIS, E.; REID, M.; O'TOOLE, P.W.; COTTER, P.D. The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency. **Gut Microbes**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 115-132, 12 set. 2018.

MCCANN, J.C.; ELOLIMY, A.A.; LOOR, J.J. Rumen Microbiome, Probiotics, and Fermentation Additives. **Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice**, [s.l.], v. 33, n. 3, p. 539-553, nov. 2017.

MOUZO, D.; RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, R.; LORENZO, J.M.; FRANCO, D.; ZAPATA, C.; LÓPEZ-PEDROUSO, M. Proteomic application in predicting food quality relating to animal welfare. A review. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 99, p. 520-530, maio 2020.

MWENYA, B.; SANTOSO, B.; SAR, C.; GAMO, Y.; KOBAYASHI, T.; ARAI, I.; TAKAHASHI, J. Effects of including 1–4 galacto-oligosaccharides, lactic acid bacteria or yeast culture on methanogenesis as well as energy and nitrogen metabolism in sheep. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 115, n. 3-4, p. 313-326, ago. 2004.

NEWBOLD, C.J.; RODE, L.M.. Dietary additives to control methanogenesis in the rumen. **International Congress Series**, [s.l.], v. 1293, p. 138-147, jul. 2006.

NSEREKO, V.L.; BEAUCHEMIN, A.K.; MORGAVI, D. P.; RODE, L.M.; FURTADO, A. F.; MCALLISTER, A.T.; IWAASA, A.D.; YANG, W.Z.; WANG, Y. Effect of a fibrolytic enzyme preparation from *Trichoderma longibrachiatum* on the rumen microbial population of dairy cows. **Canadian Journal Of Microbiology**, [s.l.], v. 48, n. 1, p. 14-20, 1 jan. 2002.

OGUNADE, IBUKUN M.; LAY, JERUSHA; ANDRIES, KENNETH; MCMANUS, CHRISTINA J.; BEBE, FREDERICK. Effects of live yeast on differential genetic and functional attributes of rumen microbiota in beef cattle. **Journal Of Animal Science And Biotechnology**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 325-348, 4 set. 2019.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. Acidosis in cattle: a review.. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 76, n. 1, p. 275, 1998.

PANCINI, S.; COOKE, R.F.; BRANDÃO, A.P.; DIAS, N.W.; TIMLIN, C.I.; FONTES, P.I.P.; SALES, A.F.F.; WICKS, J.C.; MURRAY, A.; MARQUES, R.S. Supplementing a yeast-derived product to feedlot cattle consuming monensin: impacts on performance, physiological responses, and carcass characteristics. **Livestock Science**, [s.l.], v. 232, p. 1-5, fev. 2020.

PECH-CERVANTES, A.A.; MUHAMMAD, I.; OGUNADE, I.M.; JIANG, Y.; KIM, D.H.; GONZALEZ, C.F.; HACKMANN, T.J.; OLIVEIRA, A.S.; VYAS, D.; ADESOGAN, A.T. Exogenous fibrolytic enzymes and recombinant bacterial expansins synergistically improve hydrolysis and *in vitro* digestibility of bermudagrass haylage. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 102, n. 9, p. 8059-8073, set. 2019.

PERDOMO, M.C.; MARSOLA, R.S.; FAVORETO, M.G.; ADESOGAN, A.; STAPLES, C.R.; SANTOS, J.p.. Effects of feeding live yeast at 2 dosages on performance and feeding behavior of dairy cows under heat stress. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 103, n. 1, p. 325-339, jan. 2020.

PINLOCHE, E.; MCEWAN, N.; MARDEN, J.P.; BAYOURTHE, C.; AUCLAIR, E.; NEWBOLD, C. J. The Effects of a Probiotic Yeast on the Bacterial Diversity and Population Structure in the Rumen of Cattle. **Plos One**, [s.l.], v. 8, n. 7, p. 67824, 2 jul. 2013.

PONNAMPALAM, E.N.; BUTLER, K.L.; PEARCE, K.L.; MORTIMER, S.I.; PETHICK, D.W.; BALL, A.J.; HOPKINS, D.L. The effect of feeding a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on the quality and fatty acid profile of Australian lamb meat. **Meat science**, 117, 75-81. 2016.

PONNAMPALAM, E.N; LEWANDOWSKI, P.; FAHRI, FT; BURNETT, VF; DUNSHEA, FRANCE. Effect of dietary supplements rich in polyunsaturated fats on goat meat quality and consumer acceptability. **Meat Science**, vol. 124, p. 129-136, 2017.

QU, Y.; ZHAO, Y.; WANG, T.; JIANG ,Y.; LIU, J.; LI, Z.; SHEN, Y. Effects of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation, nutrient digestion and meat quality in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, 259, 114315. 2020

ROONEY, L.W.; LI, X.; RYAN, K.J.; SOHAIL, M.U.; STEIN, H.H.; HERNOT, D.C.; PETTIGREW, J.E. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on *in vitro* and *in vivo* characteristics of beef production. **Journal of Animal Science**, vol. 98, no. 2, 2020.

SAKITA, G. Z.; LIMA, P. M. T.; ABDALLA FILHO, A. L.; BOMPADRE, T. F. V.; OVANI, V. S.; CHAVES, C. M. S.; BIZZUTI, B. E.; COSTA, W. S. PAIM, T. P.; CAMPIONI, T. S. Treating tropical grass with fibrolytic enzymes from the fungus *Trichoderma reesei*: effects on animal performance, digestibility and enteric methane

emissions of growing lambs. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 286, n. 8, p. 115253, abr. 2022.

SALINAS-CHAVIRA, J.; MONTANO, M. F.; TORRENTERA, N.; ZINN, R. A. Influence of feeding enzymatically hydrolysed yeast cell wall yeast culture on growth performance of calf-fed Holstein steers. **Journal Of Applied Animal Research**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. 327-330, 10 mar. 2017.

SAVELA, M. F. B.; NOSCHANG, J. P.; BARBOSA, A. A.; FEIJÓ, J. O.; RABASSA, V. R.; SCHMITT, E.; PINO, F. A. B. D.; CORRÊA, M. N.; BRAUNER, C. C. Supplementation of a dried, fungal fermentation product with fibrolytic enzymatic activity in the diet of dairy cows on feeding behavior, metabolic profile, milk yield, and milk composition. **Livestock Science**, [S.L.], v. 260, n. 8, p. 104945, jun. 2022.

SCHLABITZ, C.; LEHN, D. N.; SOUZA, C. F. V. A review of *Saccharomyces cerevisiae* and the applications of its byproducts in dairy cattle feed: trends in the use of residual brewer's yeast. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 332, p. 130059, jan. 2022.

SESHADRI, R.; LEAHY, S. C.; ATTWOOD, G. T.; TEH, K. H.; LAMBIE, S. C.; COOKSON, A. L.; ELOE-FADROSH, E.; PAVLOPOULOS, G.; HADJITHOMAS, M. Cultivation and sequencing of rumen microbiome members from the Hungate 1000 Collection. **Nature Biotechnology**, [S.L.], v. 36, n. 4, p. 359-367, 19 mar. 2018.

SHRUTHI, B.; DEEPA, N.; SOMASHEKARAIHAH, R.; ADITHI, G.; DIVYASHREE, S.; SREENIVASA, M. Y. Exploring biotechnological and functional characteristics of probiotic yeasts: a review. **Biotechnology Reports**, [S.L.], v. 34, p. 00716, jun. 2022.

SHURSON, G.C. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 235, p. 60-76, jan. 2018.

SILVA, T.H.; TAKIYA, C.S.; VENDRAMINI, T.H.A.; JESUS, E. F.; ZANFERARI, F.; RENNÓ, F.P. Effects of dietary fibrolytic enzymes on chewing time, ruminal fermentation, and performance of mid-lactating dairy cows. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 221, p. 35-43, nov. 2016.

SINGH, A.; BAJAR, S.; DEVI, A.; PANT, D. An overview on the recent developments in fungal cellulase production and their industrial applications. **Bioresource Technology Reports**, [S.L.], v. 14, n. 8, p. 100652-100672, jun. 2021.

SONG, S.D.; CHEN, G.J.; GUO, C.H.; RAO, K.Q.; GAO, Y.H.; PENG, Z.I.; ZHANG, Z.F.; BAI, X.; WANG, Y.; WANG, B.X. Effects of exogenous fibrolytic enzyme supplementation to diets with different NFC/NDF ratios on the growth performance, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Chinese domesticated black goats. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 236, p. 170-177, fev. 2018.

STEFENONI, H.; HARRISON, J.H.; ADAMS-PROGAR, A.; BLOCK, E. Effect of enzymatically hydrolyzed yeast on health and performance of transition dairy cattle. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 103, n. 2, p. 1541-1552, fev. 2020.

STOLP, Z. D.; KULKARNI, M.; LIU, Y.; ZHU, C.; JALISI, A.; LIN, S.; CASADEVALL, A.; CUNNINGHAM, K. W.; PINEDA, F. J.; TENG, X. Yeast cell death pathway requiring AP-3 vesicle trafficking leads to vacuole/lysosome membrane permeabilization. **Cell Reports**, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 110647, abr. 2022.

SUJANI, S.; SERESINHE, R.T. Exogenous Enzymes in Ruminant Nutrition: a review. **Asian Journal Of Animal Sciences**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 85-99, 15 abr. 2015.

SUTTON, J.D.; PHIPPS, R.H.; BEEVER, D.E.; HUMPHRIES, D.J.; HARTNELL, G.F.; VICINI, J.I.; HARD, D.I. Effect of Method of Application of a Fibrolytic Enzyme Product on Digestive Processes and Milk Production in Holstein-Friesian Cows. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 86, n. 2, p. 546-556, fev. 2003.

TAKIZAWA, SHUHEI; ABE, KENICHI; FUKUDA, YASUHIRO; FENG, MENGJIA; BABA, YASUNORI; TADA, CHIKA; NAKAI, YUTAKA. Recovery of the fibrolytic microorganisms from rumen fluid by flocculation for simultaneous treatment of lignocellulosic biomass and volatile fatty acid production. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 257, p. 120626, jun. 2020.

TAVARES, L. A.; SCHMIDT, A. P.; MALAGUEZ, E.G.; NOSCHANG, J. P.; BRAUNER, C. C.; CORREA, M. N. Utilização de *saccharomyces cerevisiae*: relação com consumo e gmd em trocas de dieta em ovinos. Anais do 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão - Siepe, Uruguaiana, v. 1, n. 1, p. 2-8, 8 nov. 2018.

TIAN, C.; WU, J.; JIAO, J.; ZHOU, C.; TAN, Z. Short communication: a high-grain diet entails alteration in nutrient chemosensing of the rumen epithelium in goats. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 262, p. 114410, abr. 2020.

TIRADO-GONZÁLEZ, D. N.; TIRADO-ESTRADA, G.; MIRANDA-ROMERO, L. A.; RAMÍREZ-VALVERDE, R.; MEDINA-CUÉLLAR, S. E.; SALEM, A. Z. M. Effects of Addition of Exogenous Fibrolytic Enzymes on Digestibility and Milk and Meat Production – A Systematic Review. **Annals Of Animal Science**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 1159-1192, 1 out. 2021.

TIRADO-GONZÁLEZ, D.N.; MIRANDA-ROMERO, L.A.; RUÍZ-FLORES, A.; MEDINA-CUÉLLAR, S.E.; RAMÍREZ-VALVERDE, R.; TIRADO-ESTRADA, G. Meta-analysis: effects of exogenous fibrolytic enzymes in ruminant diets. **Journal Of Applied Animal Research**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. 771-783, 7 nov. 2017.

TORRES, R. N. S.; PASCHOALOTO, J. R.; ALMEIDA J.; GERCÍLIO A.; EZEQUIEL, J. M. B.; COELHO, L. M.; MACHADO NETO, O. R.; ALMEIDA, M. T. C. Meta-analysis to evaluate the effect of yeast as a feed additive on beef cattle performance and carcass traits. **Livestock Science**, [S.L.], v. 260, p. 104934, jun. 2022.

TRIPATHI, M.K.; KARIM, S.A. Effect of yeast cultures supplementation on live weight change, rumen fermentation, ciliate protozoa population, microbial hydrolytic enzymes status and slaughtering performance of growing lamb. **Livestock Science**, [s.l.], v. 135, n. 1, p. 17-25, jan. 2011.

VAN SOEST, P J. **Nutritional Ecology Of The Ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994

VOHRA, A.; SYAL, P.; MADAN, A. Probiotic yeasts in livestock sector. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 219, p. 31-47, set. 2016.

WANG, Y.; MCALLISTER, T.A.; RODE, L.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; MORGAVI, D.P.; NSEREKO, V. L.; IWAASA, A. D.; YANG, W. Effects of an exogenous enzyme preparation on microbial protein synthesis, enzyme activity and attachment to feed in the Rumen Simulation Technique (Rusitec). **British Journal Of Nutrition**, [s.l.], v. 85, n. 3, p. 325-332, mar. 2001.

WANG, Z.; HE, Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; TANG, S.; ZHOU, C.; HAN, X.; WANG, M.; KANG, J.; ODONGO, N.E.; TAN, Z. Evaluation of Different Yeast Species for Improving In vitro Fermentation of Cereal Straws. **Asian-australasian Journal Of Animal Sciences**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 230-240, 3 set. 2015.

XIAO, J.X.; ALUGONGO, G.M.; CHUNG, R.; DONG, S.Z.; LI, S.L.; YOON, I.; WU, Z.H.; CAO, Z.J. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on dairy calves: ruminal fermentation, gastrointestinal morphology, and microbial community. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 99, n. 7, p. 5401-5412, jul. 2016.

XU, L.; WANG, Y.; LIU, J.; ZHU, W.; MAO, S. Morphological adaptation of sheep's rumen epithelium to high-grain diet entails alteration in the expression of genes involved in cell cycle regulation, cell proliferation and apoptosis. **Journal Of Animal Science And Biotechnology**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 2-12, 16 abr. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s40104-018-0247-z>.

YALÇIN, S.; KARA, K.; YALÇIN, SS; HASSAN, S.; TATLI SEZEN, G. Effect of supplementation with live yeast *Saccharomyces cerevisiae* on performance, carcass traits and meat quality of lambs. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 28, no. 2, pg. 165-172, 2019.

YANG, W.Z.; AMETAJ, B.N.; HE, M.L.; BEAUCHEMIN, K.A.; MCALLISTER, T.A. Effects of live yeast and mannanoligosaccharide feeding on performance, carcass quality and meat sensory attributes of growing Boer goats. **Journal of Animal Science**, 90(7), 2201-2212. 2012.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. A Comparison of Methods of Adding Fibrolytic Enzymes to Lactating Cow Diets. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 83, n. 11, p. 2512-2520, nov. 2000. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75143-5](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75143-5).

YIRGA, H. The use of probiotics in animal nutrition. *J. Probiot. Health* [s.l.] v. 3. (132 p). 2015 <http://dx.doi.org/10.4172/2329-8901.1000132>.

YU, T.; ZHOU, Y.J.; HUANG, M.; LIU, Q.; PEREIRA, R.; DAVID, F.; NIELSEN, J. Reprogramming Yeast Metabolism from Alcoholic Fermentation to Lipogenesis. *Cell*, [s.l.], v. 174, n. 6, p. 1549-1558, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2018.07.013>.

ZENG, Y.; HIMMEL, M. E.; DING, S.Y. Visualizing chemical functionality in plant cell walls. *Biotechnology For Biofuels*, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-15, 30 nov. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13068-017-0953-3>.

ZHANG, T.; WANG, Z.; FAN, Y.; ZHOU, W.; LI, X.; YIN, Y. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on rumen fermentation, microbial protein synthesis, blood metabolites, and performance of lactating dairy cows: a meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 102, no. 5, pg. 1255-1265, 2018.

ZHAO, S.; REN, L.; CHEN, J.; WANG, F.; CUI, K.; ZHANG, W.; LIU, G. Effects of exogenous supplementation of fibrolytic enzymes on zootechnical performance, carcass traits and meat quality of finishing lambs. *Journal of Animal Science*, 95(12), 5476-5485. 2017

ZHU, W.; WEI, Z.; XU, N.; YANG, F.; YOON, I.; CHUNG, Y.; WANG, J. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on performance and rumen fermentation and microbiota in dairy cows fed a diet containing low quality forage. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2017.

ZILIO, E. M.C.; VALLE, T. A.; GHIZZI, L.G.; TAKIYA, C.S.; DIAS, M.S.S.; NUNES, A.T.; SILVA, G.G.; RENNÓ, F.P. Effects of exogenous fibrolytic and amyolytic enzymes on ruminal fermentation and performance of mid-lactation dairy cows. *Journal Of Dairy Science*, [s.l.], v. 102, n. 5, p. 4179-4189, maio 2019. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-14949>.



## CAPÍTULO I.

---

**Desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dietas contendo levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) associada à enzima fibrolítica**

**Desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dietas contendo levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) associada a enzima fibrolítica**

**RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão da levedura *Saccharomyces cerevisiae* associada à enzima fibrolítica exógena na dieta de cordeiros em confinamento com base no consumo, desempenho, características de carcaça e metabólitos sanguíneos. Foram utilizados 40 cordeiros machos, com peso inicial médio de  $25,275 \pm 2,74$ kg, não castrados, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram na inclusão dos aditivos isolados ou em associação na dieta, divididos em: controle (sem aditivos); levedura 100% (apenas a inclusão de levedura); levedura 70% (inclusão de 70% de levedura e 30% de enzima fibrolítica); enzima 100% (apenas inclusão de enzima) e enzima 70% (inclusão de 70% de enzima fibrolítica e 30% de levedura). A inclusão de levedura e enzima fibrolítica na dieta de cordeiros não promoveu mudanças ( $P > 0,05$ ) no consumo de nutrientes, no desempenho animal, nas características de carcaça, nem na condição clínica do animal. Houve efeito da inclusão dos aditivos sobre as concentrações de albumina ( $P = 0,02$ ) e colesterol ( $P = 0,00$ ), no entanto, não afetou os demais metabólitos sanguíneos avaliados. Os aditivos avaliados neste estudo não afetaram o desempenho dos cordeiros em confinamento nas doses testadas.

**Palavras-Chave:** aditivos, concentrado, nutrição, ovino

**Productive performance of feedlot lambs fed diets containing yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) associated with fibrolytic enzyme**

**ABSTRACT**

The objective was to evaluate the effect of including the yeast *Saccharomyces cerevisiae* associated with exogenous fibrolytic enzyme in the diet of feedlot lambs based on intake, performance, carcass traits and blood metabolites. Forty male lambs were used, with an average initial weight of  $25.275 \pm 2.74$ kg, not castrated, distributed in a completely randomized design, with five treatments and eight replications. Treatments consisted of the inclusion of additives alone or in combination in the diet, divided into: control (no additives); 100% yeast (yeast inclusion only); yeast 70% (inclusion of 70% yeast and 30% fibrolytic enzyme); 100% enzyme (inclusion of enzyme only) and 70% enzyme (inclusion of 70% fibrolytic enzyme and 30% yeast). The inclusion of yeast and fibrolytic enzyme in the diet of lambs did not promote changes ( $P > 0.05$ ) in nutrient intake, animal performance, carcass traits, or clinical condition of the animal. There was an effect of the inclusion of additives on albumin ( $P = 0.02$ ) and cholesterol ( $P = 0.00$ ) concentrations, however, it did not affect the other blood metabolites evaluated. The additives evaluated in this study did not improve the performance of feedlot lambs at the tested doses.

**Keywords:** additives, concentrate, nutrition, sheep

## INTRODUÇÃO

O uso de aditivos para cordeiros, que favoreçam um maior aproveitamento da dieta, aumento da capacidade hidrolítica total do rúmen, e conseqüentemente aumente o desempenho, por promover maiores ganhos de peso e melhoria na carcaça, são estratégias para favorecer a qualidade da carne e a rentabilidade da cadeia produtiva.

Dentre os aditivos disponíveis, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* tem sido utilizada na dieta de ruminantes por apresentar efeitos benéficos que incluem a melhoria da fermentação ruminal dos nutrientes, pois pode aumentar a população de bactérias celulolíticas e fungos, levando a uma digestão de fibras mais eficiente (AMIN e MAO, 2021). Isso pode ocorrer, pois, quando a levedura é adicionada à dieta de ruminantes, ela aumenta a disponibilidade de nutrientes, como aminoácidos, vitaminas do complexo B e minerais, que são importantes para o crescimento e metabolismo desses microrganismos no rúmen (VOHRA *et al.*, 2016). Esses fatores podem resultar no aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que são as principais fontes de energia para ruminantes. O aumento de populações de microrganismos benéficos no rúmen também pode favorecer a redução da ocorrência de distúrbios metabólicos como a acidose ruminal e a melhoria do sistema imunológico do animal, reduzindo a produção de subprodutos tóxicos da fermentação, como o excesso de ácido lático e o acúmulo de amônia, que podem ocorrer quando há desequilíbrio na população microbiana ou quando há ingestão excessiva de carboidratos fermentáveis (OWENS *et al.*, 1998). Por conseguinte, a adição da levedura na dieta de ruminantes promove a estabilização do pH ruminal, criando um ambiente favorável para a atividade enzimática (BATISTA *et al.*, 2022; TORRES *et al.*, 2022).

Outro aditivo utilizado na alimentação de ruminantes é a enzima fibrolítica exógena (EFE), que também pode contribuir para melhorar o funcionamento do rúmen. Dentre as EFEs, as mais utilizadas são as celulasas e xilanases (ADESOGAN *et al.*, 2019; CRUZ-DAVILA *et al.*, 2022). São utilizadas para aumentar a degradação ruminal da forragem e melhorar a eficiência produtiva dos ruminantes. Atuam quebrando as ligações entre as substâncias de celulose e hemicelulose, que compõem as fibras, tornando-as mais acessíveis aos microrganismos celulolíticos, o que favorece a taxa de digestão das fibras e produção de AGCC. As EFEs que parecem melhor atender ao desempenho animal

devem complementar as atividades fibrolíticas dos microrganismos e serem resistentes à degradação ou à hidrólise por proteases vegetais ou ruminais (ADESOGAN *et al.*, 2019).

Assim, devido a levedura proporcionar um ambiente ideal para o crescimento de bactérias celulolíticas, aumentando a disponibilidade de substratos para as enzimas exógenas e por estimular a atividade enzimática das bactérias celulolíticas, aumentando a taxa de digestão da fibra e o aproveitamento da dieta como um todo e por ser escassos os estudos avaliando o uso da EFE associada com a levedura e utilizando maiores níveis de concentrado na dieta de cordeiros, o objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que a inclusão de leveduras (*S. cerevisiae*) associada à enzima fibrolítica melhora o desempenho de cordeiros terminados em confinamento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Localização, animais e procedimentos gerais***

O ensaio foi conduzido na fazenda experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em São Gonçalo dos Campos – BA. A pesquisa foi previamente aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da UFBA, sob o protocolo CEUA/UFBA 14/2015.

Foram utilizados 40 cordeiros da raça Santa Inês, machos não castrados, previamente identificados e vermifugados, com peso médio inicial de  $25,275 \pm 2,74$ kg, alojados em baias individuais que mediam 1m<sup>2</sup> cada, com piso suspenso de madeira ripada, providas de comedouros e bebedouros.

Os cordeiros foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, totalizando oito animais por tratamento. Os tratamentos consistiram da inclusão de aditivos isolados ou em associação, divididos em: 1) Controle, ou seja, sem adição de aditivos; 2) LEV100% Levedura 100%, com a inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; 3) LEV70EFE30, Levedura 70%, inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da

ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total)]; 4) EFE100%, inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; 5) EFE70LEV30, ou seja inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração). Os aditivos foram misturados ao concentrado no momento do arração, tendo como referência as doses recomendadas pelo fabricante Alltech® (Yea-Sacc e Fibrozyme - composto da enzima xilanase) na proporção de 1,0 g/kg MS de levedura (*S. cerevisiae*) e 1,5 g/kg MS de enzima fibrolítica exógena (EFE).

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (08h00min e 16h00min). A quantidade do alimento fornecido foi calculada de forma a garantir sobras de até 200g/kg dia, com água fornecida ad libitum. O volumoso utilizado foi feno de Tifton-85 (*Cynodon* sp.) moído em partícula de aproximadamente 5 cm. A relação volumoso: concentrado utilizada foi de 40:60 e o concentrado era composto de milho moído, farelo de soja e sal mineral. As dietas foram formuladas conforme o NRC (2007) para proporcionar ganho médio diário de 200g (Tabela 1).

Tabela 1. Ingredientes e composição bromatológica da dieta experimental

Ingredientes	Dieta experimental (g/kg)
Feno	400
Milho moído	425
Farelo de Soja	160
Mineral	15,0
Total	1000

Composição bromatológica da dieta total<sup>1</sup>

Matéria seca	868
Matéria mineral	60,6
Proteína bruta	139
Extrato etéreo	14,0
Fibra em detergente neutro <sub>cp</sub>	366
Fibra em detergente ácido <sub>cp</sub>	171
Carboidratos não fibrosos	420

<sup>1</sup>Com exceção da Matéria Seca, todos os demais nutrientes foram calculados com base na MS.

Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes

Variáveis <sup>1</sup>	Ingredientes da ração			
	Milho moído	Farelo de soja	Feno de Tifton 85	Mistura Mineral
MS	86,44	86,92	86,56	--
MM	1,16	6,68	7,49	100,00
PB	8,9	49,18	5,55	--
EE	2,14	0,96	0,84	--
FDN <sub>cp</sub>	8,36	14,38	76,87	--
FDA <sub>cp</sub>	1,97	7,88	37,45	--
LIG	0,00	0,55	7,85	--
CNF	79,43	28,80	9,25	--
NDT	82,28	80,22	55,0	--

### *Consumo de nutrientes e desempenho dos animais*

O período experimental teve duração de 96 dias, sendo os 15 primeiros dias de adaptação ao ambiente, manejo e dietas. O consumo de MS foi determinado baseado nas quantidades de ração fornecida e sobras registradas durante o período experimental; e a determinação do consumo deu-se através do cálculo da diferença entre a quantidade do nutriente contido no alimento e a quantidade deste contida nas sobras.

As sobras foram pesadas diariamente antes do fornecimento da alimentação pela manhã e acondicionadas em sacos de papel identificados com o respectivo tratamento e animal, em seguida foram pré-secas em estufa (Fanem, Guarulhos, São Paulo, Brasil) a 55 °C durante 72 h. Amostras de feno e dos ingredientes do concentrado também foram coletadas periodicamente e armazenadas para posteriores análises da composição bromatológica. No final do período experimental, as amostras foram então homogeneizadas e moídas em um crivo de 1 mm, com auxílio de um moinho Willey (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Estas amostras foram armazenadas em recipientes



plásticos herméticos (Talge, Itajaí, Santa Catarina, Brasil) e selados, até o momento da análise.

A composição bromatológica dos ingredientes da dieta, assim como das sobras, foi determinada de acordo com métodos da AOAC (1990). Foram determinados os teores de MS (método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), extrato etéreo (EE, método 920.29) e proteína bruta (PB, método 981.10). Para determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), utilizou-se a metodologia descrita por Van Soest *et al.* (1991). O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteínas (FDN<sub>cp</sub>) de acordo com Licitra *et al.* (1996). O conteúdo de lignina em detergente ácido (LDA) foi determinado utilizando o método 973.18 (AOAC, 2002), resultado da ação do ácido sulfúrico 72% sobre o resíduo de FDA. Os carboidratos não-fibrosos foram calculados de acordo com equação descrita por Weiss (1999):  $CNF(\%) = 100 - (\%FDN_{cp} + \%PB + \%EE + \%MM)$ . Os teores de NDT descritos na Tabela 2 foram obtidos a partir de equações de estimativas de digestibilidade das frações analíticas FDN, PB, EE e CNF, conforme o NRC (2001).

Os cordeiros foram pesados no início do período experimental e a cada 25 dias para acompanhamento do ganho de peso. Ao final do período experimental, os animais foram novamente pesados após jejum de sólidos de 16 horas para determinação do ganho de peso total (GPT: diferença entre peso corporal final e o peso corporal inicial dos animais) e diário (GMD: obtido pela divisão do ganho de peso total pela duração do estudo em dia, de acordo com a seguinte equação:  $GMD = GPT/81$  dias) e conversão alimentar (CA: relação entre o consumo de ração e o ganho de peso em um determinado período).

### ***Avaliação dos metabólitos sanguíneos***

Para analisar o perfil bioquímico sérico dos animais, amostras de sangue foram coletadas por meio de punção da veia jugular, com antissepsia prévia do local, coletando-se aproximadamente 15 mL de amostra de sangue com o uso de sistema de coleta a vácuo em tubos sem coagulante, antes da oferta matinal da ração.

Imediatamente após a coleta, realizou-se a centrifugação a 5.000 RPM por 20

minutos para separação do soro de cada amostra, e em seguida, foram acondicionados em tubos de microcentrífuga, devidamente identificados e armazenados sob congelamento (-20 °C) para posteriores análises.

Para a avaliação dos metabólitos sanguíneos, a concentração de proteínas totais (g/dL), albumina (g/dL), colesterol (mg/dL), triglicérides (mg/dL), gama glutamil transferase – GGT (U/L), aspartato aminotransferase – AST (U/L) e alanina aminotransferase – ALT (U/L), foram determinadas utilizando-se kits bioquímicos comerciais (Labtest®, Lagoa Santa, MG, Brasil). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com comprimentos de onda de 550 e 630 nm, respectivamente, para as concentrações de proteína total e albumina. A concentração de globulina, por sua vez, foi obtida pela diferença entre a concentração de proteína total e albumina.

### *Características de carcaça*

Ao final do experimento os animais foram levados para o abatedouro comercial, e antes do abate foram novamente pesados, após período de jejum de 24 horas para determinação do peso corporal ao abate (PCA). Imediatamente após, foram insensibilizados por meio de eletronarcose, seguindo as diretrizes do Serviço de Inspeção Federal (SIF) de abate humanitário, segundo normativa do MAPA (Normativa nº03/00, MAPA BRASIL, 2000). Foi realizada a sangria por meio da secção das veias jugulares e artérias carótidas, a esfolia, evisceração, seguida da inspeção das vísceras por técnicos especializados.

Depois de retirados os órgãos, patas, cabeça e pele, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ), sendo posteriormente armazenadas em câmara fria, submetidas a temperatura de 4°C, por 24 horas, seguida de uma nova pesagem para obtenção do peso de carcaça fria (PCF) a partir do qual foi determinado o rendimento comercial da carcaça, por meio da fórmula:  $RCC = PCF/PCA \times 100$ .

Após esse período, as carcaças resfriadas foram seccionadas longitudinalmente. A meia carcaça esquerda foi dividida em cinco regiões anatômicas: pescoço (1ª a 7ª vértebra cervical), paleta (base óssea: escápula, úmero e carpo), costelas (1ª a 13ª vértebra

torácica), lombo (músculo *Longissimus lumborum* dissecado dos ossos vertebrais) e pernil (secção entre a última vértebra lombar e a primeira sacra), segundo metodologia adaptada de Colomer-Rocher (1987), sendo também determinados os pesos e as proporções dos cortes comerciais citados (pescoço, paleta costela, lombo e pernil).

O músculo *L. lumborum* esquerdo foi encaminhado ao Laboratório Multifuncional da Universidade Federal da Bahia (UFBA) para determinação da área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). Após a exposição do músculo *L. lumborum*, localizado na altura da 13ª vértebra torácica, a AOL foi obtida contornando-se a área do músculo através da folha transparente com o auxílio de caneta marcadora, determinando a área por meio de programa computacional AUTOCAD®. A EGS foi obtida de acordo com método descrito por Osório e Osório (2005), medida com o auxílio do paquímetro, realizando medições em três pontos distintos do corte, considerando a média dos três pontos como a medida de EGS.

### ***Análise estatística***

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

em que:  $Y_{ij}$  = valor observado;  $\mu$  = média geral;  $T_i$  = efeito dos aditivos utilizados, e  $e_{ij}$  = efeito do erro experimental nas parcelas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC GLM do pacote estatístico do SAS® 9.4 (SAS University Edition) e as médias foram submetidas ao teste Tukey, sendo considerado como diferença significativa quando  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS

Não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) para os dados de consumo de nutrientes (Tabela 3), para as variáveis de desempenho (Tabela 4), e para o peso e rendimento dos cortes comerciais da carcaça (Tabela 5) dos cordeiros alimentados com dietas contendo leveduras e/ou enzimas fibrolíticas.

Tabela 3. Consumo de nutrientes (g.dia<sup>-1</sup>) de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM	Valor P
MS	1098,66	1198,17	1221,34	1046,72	1146,90	54,28	0,195
MM	66,77	72,05	73,88	63,27	68,98	3,26	0,212
PB	155,58	168,51	171,59	146,28	161,15	7,63	0,186
FDN <sub>cp</sub>	354,62	393,23	401,47	336,04	369,85	19,49	0,152
EE	16,51	17,78	18,19	15,74	17,13	0,79	0,243
CNF	505,18	546,37	555,91	485,33	529,64	24,11	0,259

<sup>1</sup>MS – Matéria seca (% da matéria natural); MM – Matéria Mineral (% MS); PB – Proteína bruta (%MS); FDN<sub>cp</sub> – Fibra em detergente neutro corrigido para proteínas e cinzas (%MS); EE – Extrato etéreo (%MS); CNF – Carboidratos não fibrosos (% MS);

<sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; LEV100% Levedura 100% = inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; LEV70EFE30, Levedura 70% = inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total); EFE100% = inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; EFE70LEV30 = inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração);

<sup>3</sup>EPM = Erro Padrão da Média.

Tabela 4. Desempenho e características de carcaça de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM <sup>2</sup>	Valor P
Desempenho							
PI	25,43	25,75	26,35	23,83	25,03	-	-
PF	40,13	42,12	42,85	39,95	40,60	1,81	0,681
GPT	14,70	16,37	16,50	16,12	15,57	0,90	0,623
GMD	0,18	0,20	0,20	0,19	0,19	0,01	0,641
CA	6,46	5,99	6,11	5,51	6,04	0,54	0,904
Característica de carcaça							
PCQ	17,73	18,58	18,83	17,08	18,53	0,83	0,496
PCF	17,68	18,55	18,75	17,00	18,40	0,83	0,490
RCC	44,78	44,38	44,60	43,12	44,57	0,60	0,130
EGS	2,63	2,79	2,48	2,63	2,86	0,20	0,872
AOL	16,24	15,08	16,59	15,03	15,24	0,36	0,783

<sup>1</sup>PI – Peso inicial (kg); PF – Peso final (kg); GPT – ganho de peso total (kg); GMD – ganho médio diário (kg); CA – conversão alimentar (kg/kg); PCQ – Peso de carcaça quente (kg); PCF – Peso de carcaça fria (kg); RCC – Rendimento comercial da carcaça (%); EGS – Espessura de gordura subcutânea (mm); AOL – Área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>);

<sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; LEV100% Levedura 100% = inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; LEV70EFE30, Levedura 70% = inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total); EFE100% = inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; EFE70LEV30 = inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração);

<sup>3</sup>EPM = Erro Padrão da Média.

Tabela 5. Peso e rendimento dos cortes comerciais da carcaça de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica

Item	Controle <sup>1</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM <sup>2</sup>	Valor P
Peso (Kg)							
Carcaça	17,56	18,08	18,02	16,92	17,74	0,83	0,490
Pescoço	1,80	1,76	1,78	1,65	1,77	0,10	0,784
Paleta	1,61	1,72	1,79	1,63	1,69	0,08	0,478
Pernil	2,58	2,61	2,63	2,51	2,58	0,12	0,956
Lombo	1,25	1,19	1,13	1,09	1,16	0,06	0,779
Costela	1,54	1,76	1,66	1,58	1,67	0,09	0,478
Rendimento (%)							
Pescoço	20,50	19,47	19,76	19,50	19,95	0,59	0,503
Paleta	18,34	19,03	19,87	19,27	19,05	0,33	0,256
Pernil	29,38	28,87	29,19	29,69	29,09	0,46	0,496
Lombo	14,24	13,16	12,54	12,88	13,08	0,38	0,793
Costela	17,54	19,47	18,42	18,68	18,83	0,42	0,201

<sup>1</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; LEV100% Levedura 100% = inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; LEV70EFE30, Levedura 70% = inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total); EFE100% = inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; EFE70LEV30 = inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração);

EPM = Erro Padrão da Média.

Houve efeito da inclusão dos aditivos sobre as concentrações de albumina (P= 0,020) e colesterol (P= 0,005). O fornecimento de aditivos não afetou os demais metabólitos sanguíneos avaliados (Tabela 6).

Tabela 6. Concentrações séricas de metabólitos sanguíneos e enzimas plasmáticas de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM <sup>2</sup>	Valor P
Proteínas (g/dL)	7,62	7,57	7,41	7,10	7,15	0,22	0,303
Albumina (g/dL)	3,59b	3,38b	4,08a	3,54b	3,58b	0,14	0,020
Globulina (g/dL)	3,97	3,57	4,03	3,90	3,65	0,29	0,791
Relação A:G	0,90	0,95	1,01	0,91	0,98	0,11	0,704
Colesterol (g/dL)	62,51a	45,27b	54,44ab	46,21b	49,68ab	3,35	0,006
Triglicérides (g/dL)	13,69	14,26	17,89	11,90	16,90	1,88	0,130
GGT (U/L)	47,50	53,19	52,69	49,72	51,66	4,20	0,897
AST (U/L)	97,13	101,50	102,14	102,75	111,50	10,27	0,883
ALT (U/L)	16,13	16,63	19,71	16,50	15,13	2,22	0,827

<sup>1</sup>Proteínas – concentração de proteínas totais; Relação A:G – relação entre albumina e globulina; GGT – enzima gama-glutamil transferase; AST – enzima aspartato- aminotransferase; ALT – enzima alanina- aminotransferase;

<sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; <sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; LEV100% Levedura 100% = inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; LEV70EFE30, Levedura 70% = inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total); EFE100% = inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; EFE70LEV30 = inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração);

## DISCUSSÃO

O consumo de nutrientes não foi afetado pela adição da levedura e da EFE no presente estudo. Embora Allen (2000) tenha afirmado que o consumo de MS total esteja ligado principalmente as características físico-químicas dos alimentos, se esperava que com a inclusão dos aditivos ocorresse um maior consumo de MS entre os animais que os recebessem. Esta hipótese se baseava na ação dos aditivos em estimular as populações microbianas e dos seus possíveis efeitos sinérgicos com hidrolases de microrganismos ruminais (WANG *et al.*, 2001; NSEREKO *et al.*, 2002), proporcionando maior atividade total da polissacaridase na digestão dos alimentos (GADO *et al.*, 2009) o que favoreceria o consumo. Além disso, no presente estudo, a relação volumoso: concentrado foi de 40:60, e sabe-se que uma maior quantidade de concentrado na dieta pode contribuir para uma maior produção de ácido lático e, conseqüentemente, um pH ruminal mais ácido (OWENS *et al.*, 1998). Sabe-se ainda, que as EFEs, assim como a população de microrganismos fibrolíticos do rúmen, tendem a ser menos eficientes em meio ácido (ADESOGAN *et al.*, 2019). Dessa forma, a adição da levedura junto à EFE poderia contribuir para estabilizar o pH ruminal através da redução de microrganismos produtores de ácido lático (HELAL e ABDEL-RAHMAN, 2010) e/ou aumento da população de microrganismos consumidores de lactato (PINLOCHE *et al.*, 2013) e assim favorecer a atividade da EFE, o que provavelmente não aconteceu. Assim, a resposta pode variar dependendo de fatores como a dose e o tipo de enzima, o tipo e a qualidade da fibra na dieta, a idade e a condição do animal e a interação com outros nutrientes na dieta Ribeiro *et al.* (2019).

Como o GPT, GMD e CA tem estreita relação com o consumo, esses parâmetros também não foram influenciados pelos aditivos, além disso, a falta de efeito pode se justificar devido ao fato de que a dieta dos animais do estudo já continha níveis adequados de fibra, proteína e energia, o que limitava o efeito positivo da adição de levedura e enzima fibrolítica. Outro trabalho que menciona a ausência de efeito nas variáveis de consumo e ganho de peso é o de Nazato *et al.* (2017). Os autores avaliaram o efeito da inclusão de levedura e enzima fibrolítica na dieta de novilhos em confinamento e não observaram diferenças no consumo de matéria seca, ganho de peso e eficiência alimentar, evidenciando a importância de avaliar cuidadosamente as necessidades nutricionais de cada animal antes de decidir sobre a inclusão desses suplementos na dieta. O oposto foi



relatado por Tavares *et al.* (2018), que utilizaram 5 g/ dia de levedura na dieta de ovinos e observaram que, com o uso do aditivo houve um maior ganho de peso dos animais e uma maior eficiência alimentar. Já o estudo realizado por Abid *et al.* (20200), onde avaliaram os efeitos da adição de uma mistura de EFE composta por celulase e xilanase no desempenho de cordeiros, os autores relataram que uma concentração de 4 mL / kg de MS foi capaz de melhorar o desempenho sem efeitos adversos à saúde dos animais.

No presente estudo, a levedura e a EFE também não exerceram efeito sobre as características de carcaça. Os aditivos não proporcionaram diferenças no ganho de peso suficientes para que, ao final do experimento, os animais estivessem em estágios de desenvolvimento de carcaça diferentes. Embora não tenha sido observado efeito dos aditivos para o RCC, esta variável ficou dentro dos padrões de rendimento para a espécie ovina, que é entre 40 e 50%, considerando a conformação da carcaça, desenvolvimento das massas musculares e a quantidade e distribuição da gordura de cobertura (SILVA SOBRINHO, 2001). O valor médio observado para EGS também ficou dentro dos limites considerados adequados para a espécie ovina, que é entre 2 e 5 mm (SILVA SOBRINHO, 2001), indicando que houve um acabamento de carcaça satisfatório. Entretanto, também não foi observado diferença ( $P = 0,873$ ) para esta variável. Com relação aos dados de AOL, que é uma medida utilizada como indicador da composição da carcaça, também não houve diferença estatística ( $P = 0,783$ ). No entanto, as médias para os tratamentos estão dentro dos padrões médios relatados na literatura, que variam de 10 a 16 cm<sup>2</sup> para ovinos machos (SILVA SOBRINHO, 2001). A AOL está relacionada com a composição corporal e o rendimento dos cortes comerciais das carcaças (CORREIA *et al.*, 2016). Dessa forma, resultados semelhantes foram observados para as variáveis de pesos e rendimentos dos cortes comerciais, que também não foram influenciados pela inclusão dos aditivos às dietas. Como não houve efeito da levedura e da EFE no ganho de peso total, conseqüentemente não houve diferença no desenvolvimento muscular dos animais e nas proporções dos cortes comerciais.

Considerando os dados de concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos, estes estão relacionados ao estado nutricional do animal (BERTONI e TREVISI, 2013), ao status imunológico, a ocorrência de distúrbios hepáticos e processos infecciosos (PUPPEL e KUCZYNSKA, 2016). Para as concentrações de proteína sérica, não houve diferença estatística ( $P= 0,303$ ). Os valores encontrados estão dentro da faixa de referência

de 6,6 e 8,8 g/dl descritos por Boyd (1994). A concentração de albumina foi influenciada pelo fornecimento de aditivos na dieta de ovinos ( $P= 0,020$ ). Fatores como a quantidade de proteína disponível na dieta e capacidade do fígado de sintetizá-la podem afetar suas concentrações no organismo. Dessa forma, é um indicador do status nutricional proteico, sendo que concentrações mais baixas dessa fração podem representar baixo consumo de proteína e/ou redução na taxa de degradação da proteína da dieta (BERTONI e TREVISI, 2013), no entanto, neste estudo não houve diferença nos níveis proteicos na dieta, nem nos dados de consumo deste nutriente, sendo, portanto, uma alteração sem explicação biológica. Com relação aos dados de globulinas, cujo a concentração sérica está relacionada principalmente ao status imunológico do animal e ocorrência de distúrbios hepáticos, não foi observado diferença estatística ( $P = 0,791$ ). A relação albumina: globulina também não se mostrou diferente estatisticamente ( $P = 0,704$ ).

Observou-se diferença estatística ( $P= 0,006$ ) para as concentrações séricas de colesterol. No entanto, no presente estudo, o colesterol sérico em todos os cordeiros estava dentro dos intervalos de referência (44,1 – 90,1 mg/dL) relatados por Boyd, (1994), sugerindo que o aumento observado pode ser considerado sem relevância clínica. O triglicérides e as enzimas GGT, ALT e AST não diferiram estatisticamente ( $P> 0,05$ ) e as médias para essas variáveis ficaram dentro dos limites de referência para ovinos segundo Kaneko *et al.* (2008). As enzimas estão associadas a condições do fígado, e quando se apresentam fora dos limites de referência estabelecidos na literatura, podem estar relacionadas a doenças hepáticas (KERR, 2002). Portanto, nossos resultados indicam que o uso de levedura isolado ou em associação com EFE não tem efeitos adversos na função hepática ou renal ou no estado geral de saúde de cordeiros.

De forma geral, durante o período experimental, todos os animais mantiveram-se saudáveis, demonstrando normalidade de suas funções vitais com mucosas oculares, comportamento e aparência das fezes dentro da normalidade. No entanto, os aditivos avaliados no presente estudo não se apresentaram significativos para a maioria dos parâmetros avaliados.

## CONCLUSÃO

A inclusão da levedura *S. cerevisiae* associada a EFE, nas doses testadas no presente estudo (1,0 g/kg MS de levedura (*S. cerevisiae*) e 1,5 g/kg MS de EFE) não afetam o desempenho dos cordeiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, K.; JABRI, J.; AMMAR, H.; SAID, S. Ben; YAICH, H.; MALEK, A.; REKHIS, J.; LÓPEZ, S.; KAMOUN, M. Effect of treating olive cake with fibrolytic enzymes on feed intake, digestibility and performance in growing lambs. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 261, p. 114405, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114405>.

ADESOGAN, A.T.; ARRIOLA, K.G.; JIANG, Y.; OYEBADE, A.; PAULA, E.M.; PECH-CERVANTES, A.A.; ROMERO, J.J.; FERRARETTO, L.F.; VYAS, D. Symposium review: technologies for improving fiber utilization. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 102, n. 6, p. 5726-5755, jun. 2019. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-15334>.

ALLEN, M. S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 83, n. 7, p. 1598-1624, jul. 2000. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75030-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75030-2).

AMIN, A. B.; MAO, S. Influence of yeast on rumen fermentation, growth performance and quality of products in ruminants: a review. *Animal Nutrition*, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 31-41, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2020.10.005>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), Official Methods of Analysis, 16th ed., Washington, DC, USA. 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) Official Methods of Analysis, 15th edn Washington, DC, USA. 1990.

BALA, P.; MALIK, R.; SRINIVAS, B. Effect of fortifying concentrate supplement with fibrolytic enzymes on nutrient utilization, milk yield and composition in lactating goats. **Animal Science Journal**, [s.l.], v. 80, n. 3, p. 265-272, jun. 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00634.x>.

BATISTA, L. H. C.; CIDRINI, I. A.; PRADOS, L. F.; CRUZ, A. A. C.; TORRECILHAS, J. A.; SIQUEIRA, G. R.; RESENDE, F. D. A meta-analysis of yeast products for beef cattle under stress conditions: performance, health and physiological parameters. *Animal Feed Science And Technology*, [S.L.], v. 283, p. 115182, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115182>.

BERTONI, G.; TREVISI, E. Use of the Liver Activity Index and Other Metabolic Variables in the Assessment of Metabolic Health in Dairy Herds. **Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 413-431, jul. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.04.004>.

BOYD, J.W. The Interpretation of Serum Biochemistry Test Results in Domestic Animals. **Veterinary Clinical Pathology**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 7-14, abr. 1984.

Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1939-165x.1984.tb00833.x>.

CAGLE, C.M.; FONSECA, M.A.; CALLAWAY, T.R.; RUNYAN, C.A.; CRAVEY, M.D.; TEDESCHI, L.O. Evaluation of the effects of live yeast on rumen parameters and in situ digestibility of dry matter and neutral detergent fiber in beef cattle fed growing and finishing diets. **Applied Animal Science**, [s.l.], v. 36, n. 1, p. 36-47, fev. 2020. American Registry of Professional Animal Scientists. <http://dx.doi.org/10.15232/aas.2019-01888>.

CORREIA, B.R.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVEIRA, R.L.; PIRES, A.J.V.; RIBEIRO, O.I.; SILVA, R.R.; LEÃO, A.G.; SIMIONATO, J.I.; CARVALHO, B.M.A. Production and quality of beef from young bulls fed diets supplemented with peanut cake. **Meat Science**, [s.l.], v. 118, p. 157-163, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.017>.

CRUZ-DAVILA, J.; PEREZ, J. V.; CASTILLO, D.; SOSA, D.; DIEZ, N. Fusarium graminearum as a producer of xylanases with low cellulases when grown on wheat bran. **Biotechnology Reports**, [S.L.], v. 35, p. 00738, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2022.e00738>.

FATAHNIA, F.; SHAHSAVAR, A.; MIRZAEI ALAMOUTI, H. R.; DARMANI KOHI, H.; AMANLOU, H.; AHMADI, M. Influence of starch sources in prepartum diet on colostrum quality and blood immunoglobulin concentration of calves. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 2, n. 1, p. 57-61, 2012.

GADO, H.M.; SALEM, A.Z.M.; ROBINSON, P.H.; HASSAN, M. Influence of exogenous enzymes on nutrient digestibility, extent of ruminal fermentation as well as milk production and composition in dairy cows. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 154, n. 1-2, p. 36-46, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.07.006>.

HELAL, F. I. S.; ABDEL-RAHMAN, K. A Productive performance of lactating ewes fed diets supplementing with dry yeast and/or bentonite as feed additives. **World Journal of Agricultural Sciences**, [s.l.] v. 6, n. 5, p. 489-498, 2010.

--

KANEKO, JIRO JERRY; HARVEY, JOHN W.; BRUSS, MICHAEL L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.

KERR, M G. **VETERINARY LABORATORY MEDICINE: CLINICAL BIOCHEMISTRY AND HAEMATOLOGY**. 2. ed. [s.l.]: **Blackwell Science**, 2002. 386 p.

LAMMOGLIA, M. A.; WILLARD, S. T.; OLDHAM, J. R.; RANDEL, R. D. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 74, n. 9, p. 2253, 1996. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/1996.7492253x>.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J.. Feedbunk management

evaluation techniques. **Animal Feed Science Technology**. 57, 347–358. 1996.

MILLER, D.R.; ELLIOTT, R.; NORTON, B.W. Effects of an exogenous enzyme, Roxazyme® G2, on intake, digestion and utilisation of sorghum and barley grain-based diets by beef steers. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 145, n. 1-4, p. 159-181, ago. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.045>.  
NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA. 2007.

NAZATO, C.; DE SOUZA, R.A.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.B.; DANIEL, J.L.P. Inclusão de leveduras e enzimas fibrolíticas em dietas hiperconcentradas para bovinos confinados. **Journal of Animal Science**, 95(6), 2678-2687. 2017.

NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed.rev. Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA. 381p. 2001.

NSEREKO, V. L.; A BEAUCHEMIN, K.; MORGAVI, D. P.; RODE, L. M.; FURTADO, A. F.; MCALLISTER, A. T.; IWAASA, A. D.; YANG, W. Z.; WANG, Y. Effect of a fibrolytic enzyme preparation from *Trichoderma longibrachiatum* on the rumen microbial population of dairy cows. **Canadian Journal Of Microbiology**, [s.l.], v. 48, n. 1, p. 14-20, 1 jan. 2002. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/w01-131>.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. Acidosis in cattle: a review. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 76, n. 1, p. 275, 1998. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/1998.761275x>.

PANCINI, S.; COOKE, R.F.; BRANDÃO, A.P.; DIAS, N.W.; TIMLIN, C.I.; FONTES, P.I.P.; SALES, A.F.F.; WICKS, J.C.; MURRAY, A.; MARQUES, R.S. Supplementing a yeast-derived product to feedlot cattle consuming monensin: impacts on performance, physiological responses, and carcass characteristics. **Livestock Science**, [s.l.], v. 232, p. 103907, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103907>.

PINLOCHE, E.; MCEWAN, N.; MARDEN, J.; BAYOURTHE, C.; AUCLAIR, E.; NEWBOLD, C. J. The Effects of a Probiotic Yeast on the Bacterial Diversity and Population Structure in the Rumen of Cattle. **Plos One**, [s.l.], v. 8, n. 7, p. 67824-67834, 2 jul. 2013. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0067824>.

PUPPEL, K.; KUCZYSKA, B. Metabolic profiles of cow's blood; a review. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [s.l.], v. 96, n. 13, p. 4321-4328, 31 maio 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7779>.

REDDISH, M.A.; KUNG, L. The Effect of Feeding a Dry Enzyme Mixture with Fibrolytic Activity on the Performance of Lactating Cows and Digestibility of a Diet for Sheep. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 90, n. 10, p. 4724-4729, out. 2007. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0269>.

RIBEIRO, T. A.; TOMICH, T.R.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; DANIEL, J.L.P. Efeito da adição de levedura e monensina sódica na dieta de bovinos de corte sobre a fermentação ruminal, consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, pág. 1775-1782, 2019.

SAVELA, M. F. B.; NOSCHANG, J. P.; BARBOSA, A. A.; FEIJÓ, J. O.; RABASSA, V. R.; SCHMITT, E.; PINO, F. A. B. D.; CORRÊA, M. N.; BRAUNER, C. C. Supplementation of a dried, fungal fermentation product with fibrolytic enzymatic activity in the diet of dairy cows on feeding behavior, metabolic profile, milk yield, and milk composition. **Livestock Science**, [S.L.], v. 260, n. 8, p. 104945, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104945>.

SHRUTHI, B.; DEEPA, N.; SOMASHEKARAIHAH, R.; ADITHI, G.; DIVYASHREE, S.; SREENIVASA, M. Y. Exploring biotechnological and functional characteristics of probiotic yeasts: a review. **Biotechnology Reports**, [S.L.], v. 34, p. 00716, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2022.e00716>.

SILVA SOBRINHO, A. G da. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 425-446, 2001.

SILVA, T.H.; TAKIYA, C.S.; VENDRAMINI, T.H.A.; JESUS, E. Ferreira de; ZANFERARI, F.; RENNÓ, F.P.. Effects of dietary fibrolytic enzymes on chewing time, ruminal fermentation, and performance of mid-lactating dairy cows. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 221, p. 35-43, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.08.013>.

STEFENONI, H.; HARRISON, J.H.; ADAMS-PROGAR, A.; BLOCK, E. Effect of enzymatically hydrolyzed yeast on health and performance of transition dairy cattle. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 103, n. 2, p. 1541-1552, fev. 2020. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17350>.

TAVARES, L. A.; SCHMIDT, A. P.; MALAGUEZ, E.G.; NOSCHANG, J. P.; BRAUNER, C. C.; CORREA, M. N. Utilização de *saccharomyces cerevisiae*: relação com consumo e gmd em trocas de dieta em ovinos. **Anais do 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão - Siepe, Uruguaiana**, v. 1, n. 1, p. 2-8, 8 nov. 2018.

TORRES, R. N. S.; PASCHOALOTO, J. R.; ALMEIDA J.; GERCÍLIO A.; EZEQUIEL, J. M. B.; COELHO, L. M.; MACHADO NETO, O. R.; ALMEIDA, M. T. C. Meta-analysis to evaluate the effect of yeast as a feed additive on beef cattle performance and carcass traits. **Livestock Science**, [S.L.], v. 260, p. 104934, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104934>.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WANG, Y.; MCALLISTER, T. A.; RODE, L. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MORGAVI,

D. P.; NSEREKO, V. L.; IWAASA, A. D.; YANG, W. Effects of an exogenous enzyme preparation on microbial protein synthesis, enzyme activity and attachment to feed in the Rumen Simulation Technique (Rusitec). **British Journal Of Nutrition**, [s.l.], v. 85, n. 3, p. 325-332, mar. 2001. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1079/bjn2000277>.

WEISS, W P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Ithaca. Proceeding. Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176 - 185.



## CAPÍTULO II.

---

### **Qualidade da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) associadas à enzima fibrolítica**

**Qualidade da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) associadas à enzima fibrolítica**

**RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão da levedura *Saccharomyces cerevisiae* associada a enzima fibrolítica exógena na dieta de cordeiros em confinamento nos parâmetros qualitativos e perfil de ácidos graxos da carne. Foram utilizados 40 cordeiros machos, com peso inicial médio de  $25,275 \pm 2,74$ kg, não castrados. Os cordeiros foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram na inclusão dos aditivos isolados ou em associação na dieta, divididos em: Controle (sem aditivos); Levedura 100% (apenas a inclusão de levedura); Levedura 70% (inclusão de 70% de levedura e 30% de enzima fibrolítica); Enzima 100% (apenas inclusão de enzima); Enzima 70% (inclusão de 70% de enzima fibrolítica e 30% de levedura). A inclusão de levedura e enzima fibrolítica na dieta de cordeiros não promoveu mudanças no pH ( $P = 0,553$ ), perdas por cocção ( $P = 0,437$ ), força de cisalhamento ( $P = 0,437$ ) e perfil de ácidos graxos ( $P > 0,05$ ). Os aditivos avaliados no presente estudo não melhoraram os parâmetros qualitativos nem o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros em confinamento.

**Palavras-Chave:** aditivos, nutrição animal, saúde ruminal

**Meat quality of lambs fed diets containing yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) associated with fibrolytic enzyme**

**ABSTRACT**

The objective was to evaluate the effect of including the yeast *Saccharomyces cerevisiae* associated with exogenous fibrolytic enzyme in the diet of feedlot lambs on the qualitative parameters and fat profile of the meat. Forty male lambs were used, with an average initial weight of  $25.275 \pm 2.74$ kg, not castrated. The lambs were distributed in a completely randomized design, with five treatments and eight groups. The treatments consisted of the inclusion of additives alone or in combination in the diet, divided into: Control (no additives); Yeast 100% (only the inclusion of yeast); Yeast 70% (inclusion of 70% yeast and 30% fibrolytic enzyme); Enzyme 100% (enzyme inclusion only); Enzyme 70% (inclusion of 70% fibrolytic enzyme and 30% yeast). The inclusion of yeast and fibrolytic enzyme in the diet of lambs did not promote changes in pH ( $P = 0.553$ ), cooking losses ( $P = 0.437$ ), shear force ( $P = 0.437$ ) and fat profile ( $P > 0.05$ ). The additives evaluated in the present study did not improve the qualitative parameters or the fat profile of feedlot lamb meat.

Keywords: additives, animal nutrition, ruminal health

## INTRODUÇÃO

Levedura e enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) como aditivo alimentar para ruminantes são utilizados para modular a fermentação ruminal, melhorar a digestibilidade da fibra, aumentar o desempenho e com isso proporcionar ganho de peso mais rápido e reduzir o tempo de abate, além de melhorar a maciez e a qualidade nutricional da carne.

A suplementação com levedura pode melhorar a retenção de água e maciez da carne devido ao aumento da atividade das enzimas proteolíticas no músculo e à redução do estresse oxidativo, o que ajuda a preservar a qualidade da carne (ZHAO *et al.*, 2016). Também pode melhorar o perfil de ácidos graxos, tornando-a mais saudável para o consumo humano. Em estudo realizado por Taghizadeh *et al.* (2018), os autores avaliaram os efeitos da adição de levedura na dieta de ovinos e observaram uma redução nos teores de gordura saturada na carne dos animais suplementados com levedura. Outro estudo realizado por Lee *et al.* (2017) também encontrou uma redução nos teores de gorduras saturadas na carne bovina utilizando levedura na dieta desses animais. No entanto, os estudos que utilizaram este aditivo na dieta parecem ser inconclusivos devido a fatores como a dose de levedura fornecida, o estado de saúde do animal, o curto período experimental ou o pequeno número de animais utilizados (BATISTA *et al.*, 2022; SCHLABITZ *et al.*, 2022; TORRES *et al.*, 2022).

As EFEs também podem contribuir para aumentar o desempenho animal devido a melhorias na digestão das fibras e aumentar a capacidade hidrolítica total do rúmen, resultando em maior aproveitamento do alimento fornecido, com um ganho de peso mais rápido (SONG *et al.*, 2018). Além disso, a adição de EFEs pode contribuir para a produção de carnes mais macias e mais nutritivas com um aumento nos teores de proteína e aminoácidos essenciais. Pode ainda alterar a composição de gorduras na carne, reduzindo os teores de gorduras saturadas e aumentar os teores de gorduras poli-insaturadas (SILVA *et al.* 2019). Qu *et al.* (2020) avaliaram os efeitos da adição de enzimas fibrolíticas exógenas na dieta de bovinos e observaram um aumento na concentração de ácidos graxos insaturados na carne. Essa melhoria, segundo os autores, pode ser devido a uma maior digestibilidade e aumento da disponibilidade de nutrientes essenciais para o animal. No entanto, seu uso como aditivo alimentar para ruminantes é dependente da dose, da composição da dieta e do método de adição da enzima à dieta,

devendo, portanto, considerar esses aspectos ao utilizar uma EFE como aditivo visando a produção de carnes de melhor qualidade (TIRADO-GONZÁLEZ *et al.*, 2017).

Assim, a associação da levedura com a EFE pode ter efeitos sinérgicos na digestibilidade da fibra da dieta, aumentando a eficiência da fermentação no rúmen e, conseqüentemente, melhorando o desempenho animal, favorecendo também uma melhora na qualidade da carne. O que se verifica é que a maior parte dos resultados obtidos na literatura utilizando estes aditivos está relacionada aos bovinos, e ainda pouco se sabe a respeito dos seus efeitos na qualidade da carne, sendo importante que os aditivos supracitados sejam testados também com pequenos ruminantes. Com isso, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da inclusão da levedura associada a EFE na qualidade, no perfil de ácidos graxos e nas características sensoriais da carne de cordeiros em confinamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Localização, animais e procedimentos gerais*

O ensaio foi conduzido na fazenda experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em São Gonçalo dos Campos – BA. A pesquisa foi previamente aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da UFBA, sob o protocolo CEUA/UFBA 14/2015.

Foram utilizados 40 cordeiros da raça Santa Inês, machos não castrados, previamente identificados e vermifugados, com peso médio inicial de  $25,275 \pm 2,74$ kg, alojados em baias individuais que mediam 1m<sup>2</sup> cada, com piso suspenso de madeira ripada, providas de comedouros e bebedouros.

Os cordeiros foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, totalizando oito animais por tratamento. Os tratamentos consistiram da inclusão de aditivos isolados ou em associação, divididos em: 1) Controle, ou seja, sem adição de aditivos; 2) LEV100% Levedura 100%, com a inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; 3) LEV70EFE30, Levedura 70%, inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total)]; 4) EFE100%, inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; 5) EFE70LEV30, ou seja inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração). Os aditivos foram misturados ao concentrado no momento do arraçoamento, tendo como referência as doses recomendadas pelo fabricante Alltech® (Yea-Sacc e Fibrozyme - composto da enzima xilanase) na proporção de 1,0 g/kg MS de levedura (*S. cerevisiae*) e 1,5 g/kg MS de enzima fibrolítica exógena (EFE).

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (08h00min e 16h00min). A quantidade do alimento fornecido foi calculada de forma a garantir sobras de até 200g/kg dia, com água fornecida ad libitum. O volumoso utilizado foi feno de Tifton-85 (*Cynodon*

sp.) moído em partícula de aproximadamente 5 cm. A relação volumoso: concentrado utilizada foi de 40:60 e o concentrado era composto de milho moído, farelo de soja e sal mineral. As dietas foram formuladas conforme o NRC (2007) para proporcionar ganho médio diário de 200g (Tabela 1).

Tabela 1. Ingredientes e composição bromatológica da dieta experimental

Ingredientes	Dieta experimental (g/kg)
Feno	400
Milho moído	425
Farelo de Soja	160
Mineral	15,0
Total	1000

Composição bromatológica da dieta total<sup>1</sup>

Matéria seca	868
Matéria mineral	60,6
Proteína bruta	139
Extrato etéreo	14,0
Fibra em detergente neutro <sub>cp</sub>	366
Fibra em detergente ácido <sub>cp</sub>	171
Carboidratos não fibrosos	420

<sup>1</sup>Com exceção da matéria seca, todos os demais nutrientes são calculados com base na MS.

Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes

Variáveis <sup>1</sup>	Ingredientes da ração			
	Milho moído	Farelo de soja	Feno de Tifton 85	Mistura Mineral
MS	86,44	86,92	86,56	--
MM	1,16	6,68	7,49	100,00
PB	8,9	49,18	5,55	--
EE	2,14	0,96	0,84	--
FDN <sub>cp</sub>	8,36	14,38	76,87	--
FDA <sub>cp</sub>	1,97	7,88	37,45	--
LIG	0,00	0,55	7,85	--
CNF	79,43	28,80	9,25	--
NDT	82,28	80,22	55,0	--

<sup>1</sup>MS – Matéria seca (% da matéria natural); MM – Matéria Mineral (% MS); PB – Proteína bruta (%MS); EE – Extrato etéreo (%MS); FDN<sub>cp</sub> – Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (%MS); FDA – Fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína (% MS); LDA – Lignina em Detergente Ácido (% MS); CNF – Carboidratos não fibrosos (% MS); NDT – Nutrientes Digestíveis Totais.

A composição bromatológica dos ingredientes das dietas foi determinada de acordo com métodos da AOAC (1990). Foram determinados os teores de MS (método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), extrato etéreo (EE, método 920.29) e proteína bruta (PB, método 981.10). Para determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), utilizou-se a metodologia descrita por Van Soest *et al.* (1991). O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteínas (FDN<sub>cp</sub>) de acordo com Licitra *et al.* (1996). O conteúdo de lignina em detergente ácido (LDA) foi determinado utilizando o método 973.18 (AOAC, 2002), resultado da ação do ácido sulfúrico 72% sobre o resíduo de FDA. Os carboidratos não-fibrosos foram calculados de acordo com equação descrita por Weiss (1999):  $CNF(\%) = 100 - (\%FDN_{cp} + \%PB + \%EE + \%MM)$ . Os teores de NDT descritos na Tabela 2 foram obtidos a partir de equações de estimativas de digestibilidade das frações analíticas FDN, PB, EE e CNF, conforme o NRC (2001).



*Abate, coleta de dados e características de carcaça*

O confinamento teve duração de 96 dias, sendo os 15 primeiros dias de adaptação ao ambiente, manejo e dietas. Ao final do período experimental, os animais foram pesados após jejum de sólidos de 16 horas para determinação do ganho de peso total (GPT: diferença entre peso corporal final e o peso corporal inicial dos animais) e diário (GMD: obtido pela divisão do ganho de peso total pela duração do experimento em dia, de acordo com a seguinte equação:  $GMD = GPT/81$  dias) e conversão alimentar (CA: relação entre o consumo total de ração em um determinado período e o ganho de peso total), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	Levedura		Enzima		EPM <sup>3</sup>	Valor P
		100%	70%	100%	70%		
Desempenho							
PI	25,43	25,75	26,35	23,83	25,03	-	-
PF	40,13	42,12	42,85	39,95	40,60	1,81	0,681
GPT	14,70	16,37	16,50	16,12	15,57	0,90	0,623
GMD	0,18	0,20	0,20	0,19	0,19	0,01	0,641
CA	6,46	5,99	6,11	5,51	6,04	0,54	0,904

<sup>1</sup>PI – Peso inicial (kg); PF – Peso final (kg); GPT – ganho de peso total (kg); GMD – ganho médio diário (kg); CA – conversão alimentar (kg/kg);

<sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares;

<sup>3</sup>EPM = Erro Padrão da Média.

Em seguida, os animais foram levados para abate em abatedouro comercial, e após pesagem para determinação do PCA, foram insensibilizados por meio de eletronarcose, seguindo as diretrizes do Serviço de Inspeção Federal (SIF), de abate

humanitário segundo normativa do MAPA (Normativa nº03/00, MAPA BRASIL, 2000). Em seguida, foi realizada a sangria (por meio da secção de veias jugulares e artérias carótidas), a esfolação, evisceração, seguida da inspeção das vísceras por técnicos especializados. Depois de retirados os órgãos, patas, cabeça e pele, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ), sendo posteriormente armazenadas por 24 horas em câmara fria (4°C), realizando nova pesagem para obtenção do peso de carcaça fria (PCF).

O pH foi medido imediatamente após o abate e 24h depois, por meio de potenciômetro digital com extremidade do tipo espeto diretamente no músculo *Longissimus lumborum*. Antes da análise o potenciômetro digital foi ajustado com solução tampão pH 7 e solução ácida com pH 4. Foram realizadas três medidas como repetição e utilizado o valor médio dessas três medidas para cada animal.

Os músculos *L. lumborum* do lado direito de cada animal foram encaminhados ao Laboratório Multifuncional da UFBA para realizar a dessecação e avaliações de Análise Sensorial, além da determinação das características qualitativas da carne (cor, capacidade de retenção de água - CRA, perdas por cocção - PPC e força de cisalhamento - FC).

### ***Parâmetros físico-químicos da carne***

Para determinação da cor, força de cisalhamento e perdas por cocção da carne utilizou-se o lombo direito de cada animal. Os parâmetros de coloração da carne foram obtidos conforme Miltenburg *et al.* (1992). Para determinação da cor, amostras de carne resfriadas foram previamente expostas ao oxigênio por cinco minutos a fim de promover o contato da mioglobina com o oxigênio. Decorrido o tempo, as amostras foram submetidas à determinação da cor através da utilização de colorímetro Minolta CR-200, por meio do sistema CIELAB, onde a cor foi obtida através das coordenadas L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho), b\* (intensidade de amarelo), com o colorímetro calibrado para um padrão branco, realizando tal aferição em três pontos distintos do músculo, a fim de se obter a representatividade do todo, onde a média dos três valores representou o parâmetro de cor da carne. A partir dos valores obtidos para

intensidade de vermelho e amarelo, calculou-se, por meio do uso de equações, o índice de saturação da cor (Chroma –  $c^*$ ) segundo a equação descrita por Warriss (2000) conforme Macdougall (1994):  $c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$

A capacidade de retenção de água foi determinada de acordo com metodologia descrita por Silva Sobrinho (1999) com modificação no peso da subamostra, com peso inicial de  $2,29 \pm 0,09$  g, pesadas em balança analítica sobre papel filtro e entre placas acrílicas, com adição de peso cilíndrico de 10 kg sobre as placas por período de 5 minutos. Ao final do período, as amostras foram novamente pesadas para realização do cálculo, por meio da diferença de valores, obtendo-se a quantidade de água perdida pela amostra.

No que diz respeito à perda por cocção, esta foi realizada efetuando o corte de cubos medindo 25 mm x 25 mm, mensurados com paquímetro digital, pesados e assados em forno elétrico até que a temperatura do centro geométrico do músculo atingisse  $71^\circ\text{C}$ , sendo monitorado por um termopar, equipado com leitor digital (Tenmars TM-364 Thermometer). Em seguida, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas. As perdas de peso por cocção (PPC) foram calculadas pela diferença de peso das amostras antes e depois de submetidas ao tratamento térmico e expressas em porcentagens segundo a metodologia de Felício (1999).

Posteriormente, a textura da carne foi medida através da força de cisalhamento (FC), e utilizaram-se as mesmas amostras para as determinações de PPC. As amostras foram divididas em três subamostras com espessura de  $1\text{ cm}^2$  e a determinação da FC foi realizada por meio do uso de texturômetro (TAXT 2 plus<sup>®</sup> Stable Micro Systems), acoplado com célula e lâmina tipo Warner-Bratzler, segundo metodologia descrita por Chrystall (1994), sendo o resultado expresso em  $(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ .

Os parâmetros de composição química da carne (umidade, proteína, gordura e cinzas) foram realizados por meio de análise em *FoodScan*, procedendo o escaneamento da amostra com raio infravermelho determinando assim, a composição química da carne.

### ***Perfil de ácidos graxos da carne***

Os ácidos graxos foram extraídos do *L. lumbrorum* segundo metodologia descrita por Hara e Radin (1978), realizando metilação destes conforme Christie (1982) e Rodrigues-Ruiz *et al.* (1998).

As amostras transmetiladas foram analisadas em cromatógrafo a gás modelo Focus CG- Finnigan, com detector de ionização de chama, coluna capilar CP-Sil 88 (Varian), com 100 m de comprimento por 0,25  $\mu\text{m}$  de diâmetro interno e 0,20 $\mu\text{m}$  de espessura do filme. O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio, com uma vazão de 1,8ml/min. O programa de temperatura inicial foi de 70 °C com tempo de espera de 4 minutos; 175 °C (13 °C/min) com tempo de espera 27 minutos, 215 °C (4 °C/min) com tempo de espera 9 minutos e, em seguida aumentando 7 °C/min. até 230 °C, permanecendo por 5 minutos, totalizando 65 min. A temperatura do injetor foi de 250 °C e a do detector 300 °C.

Uma alíquota de 1  $\mu\text{L}$  do extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo e a identificação dos ácidos graxos foi obtida pela comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões previamente tratados e adicionados ao equipamento (Supelco TM Component FAME Mix, cat 18919 Supelco, Bellefonte, PA), obtendo-se as porcentagens dos ácidos graxos através do *software* – *Chromquest 4.1* (Thermo Electron, Italy). Os ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e os resultados obtidos foram expressos em percentual de área (%).

Foram calculados os somatórios de ácidos graxos saturados ( $\Sigma\text{AGS}$ ), ácidos graxos monoinsaturados ( $\Sigma\text{AGM}$ ) e ácidos graxos poli-insaturados ( $\Sigma\text{AGP}$ ), assim como o total de ácidos graxos ômega 3 e 6 (n-3 e n-6, respectivamente), e as relações: AGM:AGS; AGP:AGS; AGP:AGM e n-6:n-3, a partir dos perfis de ácidos graxos identificados de cada amostra.

A partir do perfil de ácidos graxos, afim de determinar a qualidade nutricional da fração lipídica do músculo *Longissimus lumbrorum* foram determinados os índices de aterogenicidade (IA) e de trombogenicidade (IT) conforme a metodologia descrita por Ulbricht e Southgate (1991), com a utilização das seguintes equações:

$$IA = \frac{[C_{12:0} + (C_{14:0} * 4) + C_{16:0}]}{\text{Total de ácidos graxos insaturados}}$$

$$IT = \frac{C_{14:0} + C_{16:0} + C_{18:0}}{[(0,5 * \sum AGMI) + (0,5 * \sum n6) + (3 * \sum n3) + (\sum n3 / \sum n6)]}$$

Também Foram calculadas, a atividade das enzimas  $\Delta^9$ - desaturase C16,  $\Delta^9$ - desaturase C18 e elongase de acordo com descrito por Raes, De Smet e Demeyer (2004):

$$\Delta^9_{desaturase\ C16} = [(C_{16:1\ cis\ 9}) / (C_{16:1\ cis\ 9} + C_{16:0})] \times 100$$

$$\Delta^9_{desaturase\ C18} = [(C_{18:1\ cis\ 9}) / (C_{18:0} + C_{18:1\ cis\ 9})] \times 100$$

### *Elongase*

$$\text{Elongase} = [(C_{18:0} + C_{18:1\ cis\ 9}) / (C_{16:0} + C_{16:1\ cis\ 9} + C_{18:0} + C_{18:1\ cis\ 9})] \times 100$$

### *Análise sensorial*

Para a análise sensorial, utilizou-se um painel composto por 85 provadores não treinados, consumidores de carne ovina. As amostras de carne foram preparadas a partir do músculo *L. lumborum* proveniente do lombo direito, as quais foram assadas em forno elétrico pré-aquecido à 170°C até que a temperatura do centro geométrico atingisse 71°C. Depois, as amostras foram cortadas em cubos de aproximadamente 1,0 cm e armazenadas em banho-maria em potes plásticos, codificados, cobertos com papel alumínio e com tampa, para assegurar perda mínima de calor e voláteis do aroma.

Os provadores realizaram a avaliação em cabines individuais onde receberam uma amostra de carne de cada tratamento, acompanhadas de água e biscoitos do tipo “água e sal”, para remover o sabor residual entre as amostras (GUERRERO, 2005).

Os provadores avaliaram através de uma ficha estruturada com uma escala de nove pontos. Avaliaram-se os seguintes atributos: aparência, odor e sabor ‘ovinos’, maciez, suculência e aceitação global. As notas variaram de 1 a 9, sendo 1 - desgostei muitíssimo; 2 - desgostei muito; 3 - desgostei moderadamente; 4 - desgostei ligeiramente; 5 - indiferente; 6 - gostei ligeiramente; 7 - gostei moderadamente; 8 - gostei muito e 9 - gostei muitíssimo, segundo metodologia descrita por Moraes (1993).

### ***Análise estatística***

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições. Sendo utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij},$$

em que:  $Y_{ij}$  = valor observado;  $\mu$  = média geral;  $T_i$  = efeito dos aditivos utilizados, e  $E_{ij}$  = efeito do erro experimental nas parcelas.

Com relação a análise sensorial, os provadores foram considerados como blocos. Utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij},$$

em que:  $Y_{ij}$  = valor observado;  $\mu$  = média geral;  $T_i$  = efeito dos aditivos utilizados;  $\beta_j$  = é o efeito do bloco;  $E_{ij}$  = efeito do erro experimental nas parcelas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC GLM do pacote estatístico do SAS® 9.4 (SAS University Edition) e as médias foram submetidas ao teste Tukey, sendo considerado como diferença significativa quando  $P < 0,05$ .

## **RESULTADOS**

Não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) para as características qualitativas (Tabela 4), perfil de ácidos graxos (Tabela 5), relação entre os ácidos graxos (Tabela 6) e características sensoriais da carne dos cordeiros alimentados com dietas contendo a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica.

Tabela 4. Características qualitativas do lombo de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolíticas.

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM <sup>3</sup>	Valor P
pH inicial	7,13	7,14	7,11	7,19	7,15	0,04	0,553
pH final	6,03	6,05	5,98	6,10	6,13	0,06	0,500
PCC (%)	11,00	9,25	12,29	10,25	11,88	0,52	0,437
CRA (%)	70,01	70,59	69,63	70,61	71,03	0,01	0,949
FC (kgf/cm <sup>2</sup> )	2,25	2,27	1,98	2,68	2,26	0,29	0,437
Índices de coloração							
L*	39,00ab	38,30b	41,25a	37,93b	38,77b	0,34	0,038
a*	22,09	20,93	21,71	21,05	21,35	0,15	0,070
b*	5,99	5,10	5,74	4,93	5,60	0,17	0,060
Índice C	22,09	20,93	21,71	21,05	21,35	0,32	0,070
Composição química (%)							
Umidade	71,49	70,76	71,56	71,95	71,49	0,57	0,696
Proteína	19,88	19,72	19,86	19,81	19,69	0,27	0,984
Lipídeos	6,28	7,38	6,29	6,16	6,38	0,73	0,772
Cinzas	2,35	2,15	2,29	2,08	2,46	0,19	0,602

<sup>1</sup>pH inicial – imediatamente após o abate; pH final – aferido 24 horas após o abate; PPC – Perdas por cocção (%); CRA – Capacidade de retenção de água (%); FC – Força de cisalhamento (kgf/cm<sup>2</sup>); L\* - luminosidade da carne; a\* - intensidade de vermelho; b\* - intensidade de amarelo; Chroma – índice de saturação da cor;

<sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; LEV100% Levedura 100% = inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; LEV70EFE30, Levedura 70% = inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total); EFE100% = inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; EFE70LEV30 = inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração); <sup>3</sup>EPM = Erro Padrão da Média; <sup>a,b</sup>Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey.



Tabela 5. Perfil de ácidos graxos do lombo de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica.

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM <sup>3</sup>	Valor P
Saturados							
C12:0	0,17	0,79	0,32	0,29	0,14	0,09	0,186
C14:0	2,99	4,99	3,36	3,15	2,67	0,34	0,238
C16:0	24,50	24,21	24,35	24,09	24,63	0,45	0,955
C18:0	15,59	15,48	13,35	16,03	15,16	0,78	0,602
Monoinsaturados							
C16:1	2,52	2,73	2,76	2,21	2,43	0,09	0,266
C18:1 c9	44,12	40,06	44,78	38,92	45,41	0,01	0,274
Poli-insaturados							
C18:2 n-6	1,64	2,37	2,04	2,10	1,95	0,14	0,623
CLA	0,32	0,32	0,30	0,28	0,29	0,01	0,793
C18:3 n-3	0,13	0,13	0,11	0,16	0,14	0,01	0,867
C20:4 n-6	0,44	0,70	0,60	0,62	0,63	0,05	0,660
C20:5 n-3	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,01	0,461

<sup>1</sup>CLA – ácido linoleico conjugado.

<sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; LEV100% Levedura 100% = inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; LEV70EFE30, Levedura 70% = inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total); EFE100% = inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; EFE70LEV30 = inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração); <sup>3</sup> EPM = Erro Padrão da Média.

Tabela 6. Relação entre os ácidos graxos da carne de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM <sup>3</sup>	Valor P
ΣAGM	51,43	48,09	52,75	49,59	52,00	1,18	0,474
ΣAGS	45,71	47,90	43,79	46,46	44,55	1,15	0,480
ΣAGP	2,82	3,91	3,38	3,53	3,37	0,22	0,677
AGP:AGS	0,06	0,08	0,08	0,07	0,08	0,00	0,760
Σn-3	0,49	0,77	0,66	0,69	0,69	0,02	0,672
Σn-6	0,22	0,23	0,20	0,21	0,24	0,06	0,934
n-6:n-3	2,46	3,15	3,17	2,98	3,28	0,20	0,768
IA	0,70	0,94	0,73	0,88	0,68	0,05	0,293
IT	1,59	1,78	1,52	1,65	1,56	0,12	0,565
h:H	1,70	1,50	1,75	1,66	1,78	0,11	0,359
Δ9- dessaturase C16	9,34	10,09	10,14	9,19	8,98	0,31	0,346
Δ9- dessaturase C18	73,90	71,91	76,81	72,54	74,84	1,47	0,626
Elongase	68,84	67,33	68,15	68,65	69,10	0,05	0,532

<sup>1</sup>ΣAGM – somatório dos ácidos graxos monoinsaturados; ΣAGS – somatório dos ácidos graxos saturados; ΣAGP – somatório dos ácidos graxos poli-insaturados; AGP:AGS – relação entre ácidos graxos poli-insaturados: saturados; Σn-3 – somatório dos ácidos graxos da família ômega 3; Σn-6 – somatório dos ácidos graxos da família ômega 6; n-6:n-3 relação entre ácidos graxos da família ômega 6 e ômega 3; IA- Índice de aterogenicidade; IT - Índice de trombogenicidade; h:H - Relação ácidos graxos hipocolesterolêmico: hipercolesterolêmico; <sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares; LEV100% Levedura 100% = inclusão de leveduras na concentração de 1,0 g/kg de MS da dieta, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; LEV70EFE30, Levedura 70% = inclusão de 70% da dose de levedura (0,7g/kg de MS da ração) e 30% da dose de enzima (0,45 g/kg de MS da dieta total); EFE100% = inclusão 100% de enzima fibrolítica exógena na dose de 1,5 g/kg de MS na dieta total, representando 100% da dose recomendada pelo fabricante; EFE70LEV30 = inclusão de 70% da dose de enzima fibrolítica exógena (1,05 g/kg de MS da ração) e 30% da dose de levedura (0,3 g/kg de MS da ração); <sup>3</sup> EPM = Erro Padrão da Média.

Tabela 7. Avaliação sensorial do lombo de cordeiros em confinamento alimentados com dietas sob a inclusão de levedura e/ou enzima fibrolítica

Item <sup>1</sup>	Controle <sup>2</sup>	LEV100%	LEV70% EFE30%	EFE100%	EFE70% LEV30%	EPM <sup>3</sup>	Valor P
Sabor	6,84	6,46	6,60	6,60	6,86	0,20	0,30
Maciez	7,33ab	7,05b	6,73b	7,10ab	7,65a	0,17	<0,01
Suculência	6,69ab	6,33b	6,28b	6,60ab	6,93a	0,17	0,01
Sabor ovino	5,28	5,34	5,21	5,31	5,30	0,23	0,95
Odor ovino	4,53	4,43	4,31	4,65	4,35	0,28	0,79
Aceitação global	7,01	6,67	6,61	6,83	6,96	0,19	0,19

<sup>1</sup>Escala hedônica de 9 pontos, sendo 1 – menos favorável e 9 – mais favorável;

<sup>2</sup>Controle = Sem aditivos alimentares.

<sup>3</sup>EPM = Erro Padrão da Média.

<sup>a,b</sup>Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey.

## DISCUSSÃO

Os dados de desempenho não foram influenciados pela inclusão dos aditivos, e como consequência, a maioria dos parâmetros que determinam a qualidade de carne também não tiveram efeito no presente estudo. O que pode justificar a ausência de efeito para essas variáveis é o fato de as doses utilizadas terem sido insuficientes. Resultados diferentes foram obtidos na literatura, quando se utilizaram doses acima de 4 g/dia por animal (CAGLE *et al.*, 2020; ABID *et al.*, 2020).

Com relação ao pH da carne, sabe-se que esta é uma característica importante, que interfere diretamente na qualidade do produto final, pois influencia algumas características como a cor, maciez e capacidade de retenção de água (ADZITEY e NURUL, 2011; YE *et al.*, 2019). À medida que o pH aumenta, a carne fica mais escura, o que pode afetar decisões de compra pelo consumidor (PRACHE *et al.*, 2022). No presente estudo, as médias de pH final da carne dos cordeiros não diferiram entre os tratamentos ( $P = 0,553$ ).

Os aditivos também não interferiram nos valores de perdas por cocção (PPC) ( $P = 0,437$ ) e de capacidade de retenção de água (CRA) ( $P = 0,949$ ). Os dados de CRA estão relacionados com a capacidade que as proteínas musculares da carne têm de ligação com a água e indica se ocorre perda de água facilmente nos músculos durante processos de cozimento, refrigeração, armazenamento, em embalagens de varejo, dentre outros (TROUT, 1988). Por isso, a PPC apresenta uma relação direta com a CRA da carne, e ambas estão relacionadas ao seu rendimento e maciez, sendo que, carnes com maior CRA são mais suculentas (ADZITEY e NURUL 2011; HUGHES *et al.*, 2014). Entretanto, as médias para essas duas variáveis foram menores que as encontradas na literatura (YE *et al.*, 2019; VALEÇA *et al.*, 2020; BEZERRA *et al.*, 2020). Este fato pode estar relacionado com o elevado valor de pH das carnes no presente estudo.

Para os dados de força de cisalhamento (FC), as médias foram semelhantes ( $P = 0,437$ ) entre os tratamentos. Esperava-se que as carnes dos animais que receberam os aditivos apresentassem maior maciez em relação a carne dos animais do grupo controle, devido a possibilidade de a levedura aumentar a atividade das enzimas proteolíticas, principalmente as calpaínas e as catepsinas, que são responsáveis por quebrar as proteínas musculares durante o processo de transformação da carne (KHAN *et al.*, 2020), bem

como, a possibilidade dos aditivos de promover a redução do estresse oxidativo nas células musculares (ZHANG *et al.* 2018). No entanto, não houve efeito dos aditivos para esta variável. Vale ressaltar ainda que existem outros fatores que podem causar alterações neste parâmetro, como a raça, diferenças de tamanho e idade dos animais. Com o avanço da idade, ocorre o maior desenvolvimento muscular, o que conseqüentemente resulta em aumento da estabilidade do colágeno, causado pela presença das pontes cruzadas entre essas moléculas (HEDRICK *et al.* 1994). Os animais do estudo apresentavam-se semelhantes em idade e peso corporal, e os aditivos testados parecem ter sido testados em doses insuficientes. Por estas razões, a semelhança entre as médias para esta variável pode ser explicada. No entanto, as médias ficaram abaixo do limiar considerado aceitável, que é de até 3kgf/cm<sup>2</sup> (WEBB *et al.*, 2005), indicando que a maciez da carne do presente estudo pode ser considerada adequada.

Também esperava-se obter carnes com cores mais acentuadas, dentre os animais que receberam os aditivos, pois, segundo Zhang *et al.* (2018) a levedura pode aumentar a concentração de carotenoides na carne, que são pigmentos naturais presentes em alimentos vegetais, que ao serem convertidos em vitamina A pelo organismo, resulta em uma cor mais intensa na carne (BHATTI *et al.* 2021). No entanto, não houve efeito para a maioria das variáveis referentes a cor. Outros fatores que também poderiam causar diferença nestas variáveis seriam: diferenças no peso corporal, na gordura intramuscular, na idade dos animais, tipo de fibra muscular avaliada, pH, manejos pré e pós abate e estresse térmico (PRIOLO *et al.*, 2001; KHLIJI *et al.*, 2010; LEFAUCHEUR, 2010). No presente estudo, embora essas características tenham sido homogêneas entre os animais do ensaio, houve diferença estatística ( $P=0,038$ ) para os dados de luminosidade ( $L^*$ ). No entanto, a média para esta variável ficou dentro das faixas de cor aceitáveis, que é entre os limites de 30,03 e 49,47 (SAÑUDO *et al.*, 2000). Segundo Warriss (2000), a dispersão da luz na superfície da carne é provavelmente devido a diferenças nos índices de refração do sarcoplasma e miofibrilas, e quanto maior o grau de  $L^*$ , maior é a dispersão da cor, tornando a cor da carne menos intensa. Já os valores de intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ), intensidade da cor amarela ( $b^*$ ) e índice C, não foram afetados pela adição da levedura e da EFE e todas as médias também ficaram dentro das faixas de cor aceitáveis, que são: entre 8,24 e 23,53 para  $a^*$ , e 3,38 e 11,10 para  $b^*$  (SAÑUDO *et al.*, 2000). A intensidade da cor vermelha está relacionada principalmente a concentração de mioglobina (Mb). A cor da carne fresca é determinada pela proporção e pela distribuição de duas Mb, a

oximioglobina, que confere a característica de cor vermelha após a exposição do músculo ao oxigênio e a metamioglobina (LAWRIE, 1985). A quantidade de Mb nos cortes da carne, por sua vez, pode variar de acordo com o nível de realização de atividade física dos músculos e a maturidade fisiológica do animal no momento do abate (FELÍCIO, 1999). Como os animais estavam submetidos ao confinamento, por tanto, às mesmas atividades físicas, e como o peso ao abate dos animais foram semelhantes, conseqüentemente não houve diferença estatística para as variáveis de  $a^*$  ( $P = 0,07$ ),  $b^*$  ( $P = 0,06$ ) e Índice C ( $P = 0,07$ ). Quanto a diferença estatística observada para a variável  $L^*$ , pode-se afirmar que esta característica não interferiu na qualidade da carne.

Os parâmetros de composição química da carne não foram influenciados pela adição de levedura e de EFE às dietas dos cordeiros. Embora sejam relatados na literatura os efeitos benéficos de ambos aditivos na fermentação ruminal, proporcionando o aproveitamento mais eficiente dos nutrientes da dieta, com maior síntese de proteína microbiana, causando uma redução no estresse oxidativo e uma melhora geral na qualidade da carne (ZHANG *et al.*, 2018), não foram observados efeitos dos aditivos no presente estudo. Entretanto, os valores de umidade, proteína e minerais se mantiveram dentro dos limites aceitáveis para carnes de ruminantes, que é em torno de 75%, 20% e 2% respectivamente, segundo Tornberg (2005). Já o teor de lipídio mesmo estando superior ao preconizado pelo mesmo autor, que é de até 3%, também não diferiu estatisticamente ( $P = 0,772$ ) dentre os tratamentos. Dentre os fatores que poderiam causar variações na composição química da carne de cordeiros, além dos aditivos, seriam os intrínsecos aos animais, como o tipo de músculo analisado, idade, raça e condição sexual (FORREST, 1979). O fator idade, por exemplo, interfere no teor de lipídio da carne, pois o tecido adiposo é o que tem desenvolvimento mais tardio quando comparado com outros tecidos, por tanto, animais mais velhos apresentam maior teor de lipídio na carne (LAWRENCE e FOWLER, 2002). Outro fator que poderiam influenciar nas variações da composição química da carne seria a diferença no desenvolvimento do tecido corporal causado pela dieta, principalmente no teor de lipídio (WATKINS *et al.*, 2013), além dos manejos pré e pós abate (FORREST, 1979). No entanto, como os animais do presente estudo tinham a mesma idade e não apresentaram diferença estatística no ganho de peso final, os teores de lipídios da carne foram semelhantes estatisticamente.

Com relação ao perfil de ácidos graxos da carne, este não foi influenciado pela adição de levedura e de EFE nas dietas. Esperava-se que os aditivos promovessem carnes

com composição de gorduras diferentes, com maior teor de ácido linoleico conjugado CLA, gorduras insaturadas, ômega-3 e ômega-6. Essa hipótese baseava-se no efeito dos aditivos em modificar o perfil de ácido graxo da carne devido à sua capacidade de modificar a fermentação ruminal, e com a alteração da relação entre as populações de microrganismos no rúmen, proporcionaria modificações na produção de AGCC produzidos e, conseqüentemente, aumentaria a síntese de gorduras ômega-3 e ômega-6 nas carnes (PONNAMPALAM *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2018). Além disso, os aditivos poderiam aumentar a absorção de gorduras no intestino delgado, aumentando a concentração dessas gorduras na corrente sanguínea e, conseqüentemente, na carne (CHEN *et al.*, 2014), o que não aconteceu, provavelmente devido as doses utilizadas no presente estudo serem insuficientes.

Os parâmetros ligados à saúde humana também não foram influenciados pelos aditivos testados. Dentre eles a relação n6:n3, o somatório de poli-insaturados, a relação insaturados: saturados que são correlacionados com risco de doenças cardiovasculares (RIBEIRO *et al.*, 2011). Os IA e de TI estão relacionados ao aparecimento de doenças em humanos, portanto, quanto menores os valores dessas variáveis, maior a quantidade de ácidos graxos antiaterogênicos presentes, reduzindo o potencial de incidência de doenças cardiovasculares (VALENÇA *et al.*, 2020). Com relação a razão h:H, que é uma proporção da atividade funcional dos ácidos graxos no metabolismo das lipoproteínas plasmáticas no transporte do colesterol, cujo tipo e quantidade também estão relacionados a um risco de doenças cardiovasculares, não sofreram interferência dos aditivos testados, no entanto apresentaram valores abaixo do limiar considerado satisfatório para carne saudáveis, que é acima de 2,0 (SANTOS-SILVA *et al.*, 2002).

Na análise sensorial do presente estudo, os cordeiros que receberam dieta contendo a adição de 70% de EFE e 30% de levedura apresentaram uma carne mais macia ( $P = 0,00$ ) e mais suculenta ( $P = 0,01$ ) segundo os provadores. Os demais parâmetros não foram diferentes estatisticamente ( $P > 0,05$ ). De forma geral, a pontuação acima do valor mediano para os parâmetros de sabor e aceitação global testados através da análise sensorial demonstraram que a carne dos animais do presente estudo teve uma boa aceitação.

Assim, a qualidade da carne é definida pelos parâmetros citados acima, somados às características que o consumidor considera importante para a aceitabilidade, o que inclui questões de segurança alimentar e saúde, ética do sistema de produção, bem como

as características sensoriais que a carne oferece. Contudo, a levedura e a EFE no presente estudo não contribuíram para a produção de uma carne de qualidade superior em relação a carne dos cordeiros que não receberam aditivos.



## CONCLUSÃO

Concluimos que a inclusão da levedura *S. cerevisiae* associada a EFE, nas doses testadas no presente estudo (1,0 g/kg MS de levedura e 1,5 g/kg MS de EFE), não afetam o perfil de ácidos graxos e a qualidade da carne de cordeiros em confinamento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, K.; JABRI, J.; AMMAR, H.; SAID, S. B.; YAICH, H.; MALEK, A.; REKHIS, J.; LÓPEZ, S.; KAMOUN, M. Effect of treating olive cake with fibrolytic enzymes on feed intake, digestibility and performance in growing lambs. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 261, p. 114405, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114405>.

ADZITEY, F.; NURUL, H. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences-a mini review. **International Food Research Journal**, v. 18, n. 1, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemistry, Washington, DC, USA. 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) Official Methods of Analysis, 15th edn Washington, DC, USA. 1990.

BATISTA, L. H. C.; CIDRINI, I. A.; PRADOS, L. F.; CRUZ, A. A. C.; TORRECILHAS, J. A.; SIQUEIRA, G. R.; RESENDE, F. D. A meta-analysis of yeast products for beef cattle under stress conditions: performance, health and physiological parameters. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 283, p. 115182, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115182>.

BEZERRA, H.V.A.; GALLO, S. B.; ROSA, A. F.; FERNANDES, A. C.; SILVA, S. L.E.; LEME, P.R. Impact of purified lignin on performance, rumen health, oxidative stress control and meat quality of lambs fed a high-concentrate diet. **Livestock Science**, [s.l.], v. 231, p. 103882, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103882>.

CAGLE, C.M.; FONSECA, M.A.; CALLAWAY, T.R.; RUNYAN, C.A.; CRAVEY, M.D.; TEDESCHI, L.O. Evaluation of the effects of live yeast on rumen parameters and *in situ* digestibility of dry matter and neutral detergent fiber in beef cattle fed growing and finishing diets. **Applied Animal Science**, [s.l.], v. 36, n. 1, p. 36-47, fev. 2020. American Registry of Professional Animal Scientists. <http://dx.doi.org/10.15232/aas.2019-01888>.

CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, v. 23, p. 1072, 1982.

CHRYSTALL, B. Meat texture measurement. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.) Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, *Adv. Meat Res.*, p. 316-336. 1994.

FELICIO, P.E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 36, 1999, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: SBZ, p.89-97, 1999.

FORREST, J.C., ABERLE, E.D., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. Fundamentos de ciencia de la carne. Zaragoza: Acribia, 1979. 363p.

GUERRERO, L. Panel entrenado. In: CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. (Eds.) Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid: INIA, 2005. p. 397 - 408. (Monografías, 3).

HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues with low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, v 90, p.420-426,1978.

HEDRICK, H. B.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of meat science**, p.351. Iowa: Kendall, 1994.

HUGHES, J.M.; OISETH, S.K.; PURSLOW, P.P.; WARNER, R.D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, [s.l.], v. 98, n. 3, p. 520-532, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>.

KHLIJI, S.; VAN DE VEN, R.; LAMB, T.A.; LANZA, M.; HOPKINS, D.L. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. **Meat Science**. 85, 224–229. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.002>

LAWRENCE, T.L.J., FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. 2º ed. CAB International 347p. 2002.

LAWRIE, R. A. **Meat science**. 4. ed. New York: Pergamon Press. 1985. 451 p.

LEFAUCHEUR, L. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. **Meat Science**, [s.l.], v. 84, n. 2, p. 257-270, fev. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.004>.

MACDOUGALL, D B.; COLOUR MEAT. In: PEARSON, A M; DUTSON, T R (Ed.). Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products: Advances in Meat Research. London: Academic Press, 1994. Cap. 3. p. 79-93. (VOLUME 9)

MILTENBURG, G.A.; WENSING, T.; SMULDERS, F.J.; BREUKINK, H.J.; Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. **Journal Animal Science**. 1992. 70, 2766–2772. <https://doi.org/10.2527/1992.7092766x>

MORAES, M. A. C. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS ALIMENTOS. 8. ed. Campinas: Unicamp, 1993. 93 p. (MANUAIS).

NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA. 2007.

NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed.rev. Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA. 381p. 2001.

PERDOMO, M.C.; MARSOLA, R.S.; FAVORETO, M.G.; ADESOGAN, A.; STAPLES, C.R.; SANTOS, J.P.. Effects of feeding live yeast at 2 dosages on performance and feeding behavior of dairy cows under heat stress. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 103, n. 1, p. 325-339, jan. 2020. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17303>.

PRACHE, S.; SCHREURS, N.; GUILLIER, L.. Review: factors affecting sheep carcass and meat quality attributes. **Animal**, [S.L.], v. 16, p. 100330, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.animal.2021.100330>.

PRIOLO A.; MICOL D.; AGABRIEL J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. **Animal Research** 50, 185–200, 2001.

RIBEIRO, C.V.D.M.; OLIVEIRA, D.E.; JUCHEM, S.O.; SILVA, T.M.; NALÉRIO, É.S. Fatty acid profile of meat and milk from small ruminants: a review. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:121-137, 2011.

SAÑUDO, C. Factors affecting carcass and meat quality in lambs. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p. 434-455

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F.J.L.P.S. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Prod. Science**. 2002.77, 187-194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)

SCHLABITZ, C.; LEHN, D. N.; SOUZA, C. F. V. A review of *Saccharomyces cerevisiae* and the applications of its byproducts in dairy cattle feed: trends in the use of residual brewer's yeast. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 332, p. 130059, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130059>.

SILVA SOBRINHO, A.G.; PURCHAS, R. W.; KADIM, I. T.; YAMAMOTO, S. M. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.1070-1078, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982005000300040>.

SONG, S.D.; CHEN, G.J.; GUO, C.H.; RAO, K.Q.; GAO, Y.H.; PENG, Z.I.; ZHANG, Z.F.; BAI, X.; WANG, Y.; WANG, B.X. Effects of exogenous fibrolytic enzyme supplementation to diets with different NFC/NDF ratios on the growth performance, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Chinese domesticated black goats. **Animal Feed Science And Technology**, [s.l.], v. 236, p. 170-177, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifedsci.2017.12.008>.

TIRADO-GONZÁLEZ, D.N.; MIRANDA-ROMERO, L.A.; RUÍZ-FLORES, A.; MEDINA-CUÉLLAR, S.E.; RAMÍREZ-VALVERDE, R.; TIRADO-ESTRADA, G.

Meta-analysis: effects of exogenous fibrolytic enzymes in ruminant diets. **Journal Of Applied Animal Research**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. 771-783, 7 nov. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2017.1399135>.

TORRES, R. N. S.; PASCHOALOTO, J. R.; ALMEIDA J.; GERCÍLIO A.; EZEQUIEL, J. M. B.; COELHO, L. M.; MACHADO NETO, O. R.; ALMEIDA, M. T. C. Meta-analysis to evaluate the effect of yeast as a feed additive on beef cattle performance and carcass traits. **Livestock Science**, [S.L.], v. 260, p. 104934, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104934>.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, [s.l.], v. 70, n. 3, p. 493-508, jul. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>.

TROUT, G.R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods—A review of methodology. **Meat Science**, [s.l.], v. 23, n. 4, p. 235-252, jan. 1988. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740\(88\)90009-5](http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740(88)90009-5).

ULBRICHT, T.L.V; SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: Seven dietary factors. **Lancet**, v.338, p.985-992, 1991.

VALENÇA, R. L.; SILVA SOBRINHO, A. G. da; ROMANZINI, E. P.; ANDRADE, N. de; BORGHI, T. H.; ZEOLA, N. M. B. L.; CIRNE, L. G. A.; OLIVEIRA, V. da S. Peanut meal and crude glycerin in lamb diets: meat quality and fatty acid profile. **Small Ruminant Research**, [s.l.], v. 185, p. 106076, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106076>.

WARRISS, P.D. **Meat science: an introductory text**. 147p. CAB International, 2000.

WATKINS, P.J.; FRANK, D.; SINGH, T. K.; YOUNG, O. A.; WARNER, Robyn D.. Sheepmeat Flavor and the Effect of Different Feeding Systems: a review. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [s.l.], v. 61, n. 15, p. 3561-3579, 8 abr. 2013. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf303768e>.

WEBB, E.C.; CASEY, N.H.; SIMELA, L. Goat meat quality. **Small Ruminant Research**, [s.l.], v. 60, n. 1-2, p. 153-166, out. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.009>.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, [s.l.], v. 66, n. 1, p.21-32, jan. 2004. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740\(03\)00022-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740(03)00022-6)

YE, Y.; SCHREURS, N.M.; JOHNSON, P.I.; CORNER-THOMAS, R.A.; AGNEW, M.P.; SILCOCK, P.; EYRES, G.T.; MACLENNAN, G.; REALINI, C.E. Carcass characteristics and meat quality of commercial lambs reared in different forage systems. **Livestock Science**, [s.l.], v. 232, p. 103908, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103908>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Leveduras e enzimas fibrolíticas exógenas são aditivos utilizados para ruminantes com a perspectiva de melhorar a eficiência digestiva e produtiva desses animais. No entanto, ao avaliar seus efeitos na dieta de cordeiros sob as condições do presente estudo, a levedura *S. cerevisiae* e a enzima fibrolítica, tanto utilizadas puras, quanto associadas, não melhoraram o desempenho produtivo, nem contribuíram para obtenção de carcaças de melhor qualidade e nem interferiram na saúde dos animais. Estes resultados direcionam-nos para a hipótese que as doses foram insuficientes nas condições testadas.

Dessa forma, sugere-se que doses maiores desses aditivos devem ser testadas, tanto seguindo as mesmas condições deste estudo sobretudo com relação a espécie animal e dieta, quanto, utilizando dietas mais desafiadoras para o ambiente ruminal, como por exemplo, maiores níveis de concentrado na dieta, visto o potencial benéfico desses aditivos já relatados na literatura.