

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DO MÉTODO *IN HOME* PARA A
REALIZAÇÃO DE TESTES DE PALATABILIDADE E
ASPECTOS SENSORIAIS DE EXTRATOS DE
LEVEDURAS PARA GATOS

Autora: Ingrid Caroline da Silva
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos
Coorientadora: Profa. Dra. Paula Toshimi Matumoto Pinto

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro - 2025

AVALIAÇÃO DO MÉTODO *IN HOME* PARA A
REALIZAÇÃO DE TESTES DE PALATABILIDADE E
ASPECTOS SENSORIAIS DE EXTRATOS DE
LEVEDURAS PARA GATOS

Autora: Ingrid Caroline da Silva

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos

Coorientadora: Profa. Dra. Paula Toshimi Matumoto Pinto

Tese apresentada, como parte das exigências para
obtenção do título de DOUTORA EM
ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia da Universidade Estadual de
Maringá - Área de concentração Produção
Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2025

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586a

Silva, Ingrid Caroline da

Avaliação do método *in home* para a realização de testes de palatabilidade e aspectos sensoriais de extratos de leveduras para gatos / Ingrid Caroline da Silva. -- Maringá, PR, 2025.

161 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos.

Coorientadora: Profa. Dra. Paula Toshimi Matumoto Pinto.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2025.

1. Gatos - Alimentos - Aceitação. 2. Gatos - Palatabilidade - Alimentos extrusados. 3. Felinos domésticos. 4. Gatos - Nutrição. 5. Gatos - Preferência alimentar. I. Vasconcellos, Ricardo Souza, orient. II. Pinto, Paula Toshimi Matumoto, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.8



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DO MÉTODO *IN HOME* PARA A
REALIZAÇÃO DE TESTES DE PALATABILIDADE
E ASPECTOS SENSORIAIS DE EXTRATOS DE
LEVEDURAS PARA GATOS

Autora: Ingrid Caroline da Silva

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 21 de fevereiro de 2025.

Prof.^a Dr.^a Magali Sores dos Santos
Pozza

Prof. Dr. Luciano Trevizan

Prof. Dr. Oscar de Oliveira Santos
Junior

Dr.^a Leticia Grazielle Pacheco

Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos
Orientador

*"Pois Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele seja a glória para sempre!
Amém"*

(Romanos 11.36).

A Deus, por ser minha fonte de força, sabedoria e amparo em cada etapa desta jornada. Que este trabalho seja um reflexo da Sua bondade e propósito em minha vida.

À minha família, pelo amor, pelo apoio constante e por acreditar em mim em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por Seu infinito amor, misericórdia e fidelidade, por ser o alicerce em minha vida, que me sustentou em todos os momentos desta jornada. Pelas suas bênçãos, por me conceder força, sabedoria e por iluminar meu caminho, superando todos os obstáculos. Sem Sua graça e orientação, este trabalho não teria sido possível. A Ele toda honra e glória agora e sempre.

À Universidade Estadual de Maringá, por proporcionar o ambiente e os recursos necessários, e aos colaboradores da Universidade que contribuíram de alguma forma para me tornar doutora.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, por seu apoio contínuo, orientação e ensinamentos ao longo do meu percurso acadêmico. Suas contribuições foram fundamentais para meu desenvolvimento intelectual e profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos, por confiar em mim e por, além de ser um exemplo profissional, ser um exemplo de ser humano, através de seus ensinamentos e paciência. Pela sua orientação e por todo suporte durante a realização desta tese.

À minha coorientadora Profa. Dra. Paula Toshimi Matumo Pinto, pelos ensinamentos, ajuda e disponibilidade, e por ser sempre solícita durante a execução deste projeto.

Meus pais, Edson José da Silva e Teresinha Schmidt da Silva, por serem o meu maior refúgio, por nunca terem duvidado da minha capacidade e por depositarem toda sua confiança em mim. Pelo apoio e esforço para que eu chegasse até aqui e todo empenho em garantir que eu consiga realizar todos os meus sonhos. Este trabalho é fruto de tudo o que me ensinaram e de cada palavra de incentivo. Sou profundamente grata por terem sido minha base e minha inspiração.

Meus irmãos, Karine Letícia da Silva e Guilherme Augusto da Silva, pelo apoio e amor, por serem meus melhores amigos e principalmente por me fazerem rir, quando as dificuldades vieram me assombrar.

Às minhas avós, Anna Hass Schmidt (*in memoriam*) e Terezinha Vieira dos Santos (*in memoriam*), pelo cuidado e amor, que pela humildade e bondade se tornaram exemplos para mim.

Ao meu noivo, Caio Vinícius Santiago de Mendonça, por me apoiar em todos meus projetos e por sempre confiar em mim. Por entender os momentos em que precisei estar ausente e por suportar junto comigo este processo, entendendo e me ajudando a controlar as emoções.

À minha gata, Catarina, por despertar em mim um amor que nunca tinha experimentado. Por sua presença trazer alegria, conforto e momentos de ternura durante esta jornada, tornando cada dia mais leve e especial.

Às minhas amigas, Laisa Ramos, Lizandra Souza Rosa, Ana Carolina de Figueiredo, Josiane Aparecida Volpato, Karla Gabriela Memare e Claudia Domenes Danner, por estarem sempre ao meu lado, oferecendo suas perspectivas valiosas e me ajudando a manter o foco durante os momentos mais desafiadores.

À Bruna Aparecida Moreira da Silva e Bruna Cavalari Santello, por toda ajuda e momentos de descontração. Por serem pessoas incríveis e que sem a ajuda delas esse trabalho se tornaria muito mais difícil.

Ao Centro de Ensino e Estudos Nutricionais em Felinos (CEENUFEL), pela ajuda e companheirismo.

Ao Grupo de Pesquisa em Alimentos Funcionais (GPAF), por me acolherem e emprestarem seu laboratório e equipamentos quando necessário. Especialmente a Anderson Lazzari e Renan Gustavo Rodrigues da Luz por sempre se disponibilizarem em auxiliar nas análises e ensinar suas práticas.

Aos tutores que aceitaram participar do experimento. Pela disponibilidade, empenho e dedicação fundamentais para o sucesso desta pesquisa.

Aos técnicos do Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) Augusto Hermógenes, Osvaldo Pezoti Júnior e Ulisses Zonta de Melo pela ajuda, orientação e paciência.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, pela organização do setor e pela ajuda sempre que solicitada, especialmente aos funcionários que passaram pelo gatil Mara, Zenilda, Seu Toninho, Seu Antônio e Seu Vilson que sempre se esforçaram para manter o nosso ambiente limpo e organizado.

Ao Prof. Dr. Oscar de Oliveira Santos Júnior e à Dr.^a Patrícia Daniele da Silva do Santos que sempre se dispuseram em ajudar nas análises.

Ao Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi, ao Lucas Scarpim e demais funcionários da Fábrica de Rações da UNESP Jaboticabal, que sempre ajudaram no preparo das rações.

Ao Prof. Dr. Diogo Rossoni e à Stéfane Lele Rossoni por terem despendido seu tempo para contribuírem com as análises estatísticas.

Aos colaboradores e colaboradoras (gatos) por todo carinho, afeto e por serem o meu cantinho terapêutico, me ensinando o significado de amor à profissão.

À banca examinadora pela dedicação e argumentação sobre meu trabalho, por suas valiosas considerações e ensinamentos.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

À Biorigin, pelo financiamento do projeto.

A todas as empresas, instituições e demais pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta tese. Embora não tenha sido possível citar todos os nomes e agradecer individualmente, reconheço o impacto significativo de cada um na colaboração e no desenvolvimento deste trabalho.

Sou eternamente grata por todas as mãos que me apoiaram nessa jornada.

BIOGRAFIA DA AUTORA

INGRID CAROLINE DA SILVA, filha de Edson José da Silva e Teresinha Schmidt da Silva, nasceu em Ponta Grossa/Paraná/Brasil, no dia 28 de junho de 1995. Em março de 2014, iniciou o Curso de Graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Durante a graduação trabalhou como voluntária em pesquisas científicas sob orientação da Professora Dr.^a Raquel Abdallah da Rocha, e em 2016 e 2017 como bolsista, na área de Reprodução Animal sob orientação da Professora Dr.^a Luciana da Silva Leal Karolewski. Em agosto de 2018, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Em março de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em nível de mestrado, na Universidade Estadual de Maringá (UEM), realizando estudos na área de Produção Animal, com ênfase em Nutrição Animais de Companhia. Em fevereiro de 2021, concluiu seu mestrado com dissertação intitulada: Fontes e Níveis de Metais de Transição sobre a Estabilidade Oxidativa em *Pet Food*. Em março do mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em nível de doutorado, na mesma instituição, realizando o exame de qualificação em agosto de 2023. Em fevereiro de 2025, submeteu-se à banca examinadora para sua defesa de doutorado.

ÍNDICE

Página

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Importância da Palatabilidade para <i>Pet Food</i>	4
2.2 Características sensoriais dos gatos.....	5
2.3 Métodos de avaliação da palatabilidade de alimentos para gatos.....	10
2.4 Testes <i>in home</i> para avaliação de <i>Pet Food</i>	17
2.5 Fatores que afetam a palatabilidade.....	19
2.6 Ingredientes e sua relação com a palatabilidade.....	24
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
4. OBJETIVOS GERAIS.....	42

CAPÍTULO II

II. <i>Qualificação de gatos para ensaios de preferência alimentar pelo método das duas vasilhas: importância do comportamento e manutenção de um histórico de resultados</i>	43
Resumo.....	44
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	46
Resultados.....	48
Discussão.....	51
Agradecimentos.....	56
Referências.....	56

CAPÍTULO III

III. <i>Método In Home para avaliação da preferência alimentar por diferentes extratos de levedura para gatos</i>	59
---	----

Resumo.....	60
Abstract.....	60
Introdução.....	61
Material e Métodos.....	63
Resultados.....	67
Discussão.....	70
Conclusões.....	75
Agradecimentos.....	75
Referências.....	76

CAPÍTULO IV

<i>IV. Relação entre a preferência alimentar de gatos e atributos sensoriais em alimentos extrusados contendo extrato de levedura.....</i>	<i>79</i>
Resumo.....	80
Abstract.....	80
Introdução.....	81
Material e Métodos.....	83
Resultados.....	88
Discussão.....	91
Conclusões.....	97
Agradecimentos.....	97
Referências.....	97

CAPÍTULO V

<i>V. Atributos sensoriais de extratos de levedura e a influência da forma de aplicação sobre a preferência alimentar de gatos.....</i>	<i>104</i>
Resumo.....	105
Abstract.....	105
Introdução.....	106
Material e Métodos.....	108
Resultados.....	112
Discussão.....	120
Conclusões.....	125
Agradecimentos.....	126
Referências.....	126

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
---------------------------	-----

ANEXO I.....	135
ANEXO II.....	136
ANEXO III.....	138

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO I	
TABELA 1. Principais sistemas neurais receptores de sabor de cães e gatos	8
CAPÍTULO II	
TABELA 1. Estimativas para o modelo de regressão linear considerando a variável resposta “% de conformidade” e as variáveis explicativas de gênero e idade do animal.....	50
CAPÍTULO III	
TABELA 1. Composição da dieta controle (CN) contendo os dois extratos de levedura (YE 1 e YE 2) nos diferentes níveis de inclusão (0,25%, 0,50%, 0,75% e 1,0%.....	65
CAPÍTULO IV	
TABELA 1. Composição de ingredientes e bromatológica analisada da dieta controle	86
TABELA 2. Análises Comparativas das Dietas: Médias, Máximas, Mínimas e Correlações entre a variável em questão e a razão de ingestão maior do que 0,5 para o alimento.....	89
CAPÍTULO V	
TABELA 1. Composição de ingredientes e química analisada da dieta controle	110
TABELA 2. Produtos da reação de <i>Maillard</i> das dietas experimentais e dos extratos de leveduras (Média e DP)	114
TABELA 3. Compostos voláteis das dietas pré-extrusão (Média e DP)	115
TABELA 4. Compostos voláteis das dietas pós-extrusão (Média e DP)	116
TABELA 5. Compostos voláteis dos extratos de leveduras (Média e DP)	117
TABELA 6. Contribuições e coordenadas de cada composto na análise de componentes principais (PCA)	118

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
Figura 1. Partes do sistema olfativo do gato e seu papel na determinação do sabor dos alimentos	7
Figura 2. Demonstração do teste de aceitabilidade para avaliar a palatabilidade de alimentos para cães e gatos	11
Figura 3. Demonstração do teste de preferência para avaliar a palatabilidade de alimentos para cães e gatos	13
Figura 4. Diagrama esquemático de um sistema típico de nariz eletrônico	16
Figura 5. Esquema de um sistema típico de língua eletrônica	16
Figura 6 a) Fatores dietéticos que têm efeitos positivos na palatabilidade em gatos	21
b) Fatores dietéticos que não têm efeito ou têm efeitos negativos sobre a palatabilidade em gatos	21
CAPÍTULO II	
Figura 1. <i>Ranking</i> dos gatos de maior conformidade com a maioria nos testes de palatabilidade	49
Figura 2. <i>Ranking</i> dos gatos de maior conformidade com a maioria nos testes de palatabilidade (peso 50%) e escore de comportamento (peso 50%)	51
CAPÍTULO III	
Figura 1. Razão de ingestão das dietas contendo extratos de leveduras (RI B) no teste de preferência pelo método em laboratório e <i>in home</i>	68
Figura 2. Intervalos de confiança entre as dietas experimentais no método em laboratório e <i>in home</i> para avaliação da palatabilidade em gatos	69
CAPÍTULO IV	
Figura 1. Análise de Correlação Canônica das características das rações alternativas quando a ração controle (RI A) ou ração alternativa (RI B) é escolhida em mais de 50% das vezes	90

Figura 2. Análise de Correlação Canônica das características das rações alternativas quando a ração controle (RI A) ou ração alternativa (RI B) é escolhida em mais de 50% das vezes apenas para as características com valor-p < 0.20 no teste de ANOVA Bivariado.....	90
---	----

CAPÍTULO V

Figura 1. Teste de preferência alimentar em gatos com dietas contendo extratos de levedura, incluídas na mistura pré e pós-extrusão (C).....	113
Figura 2. Avaliação do efeito do aroma de extratos de leveduras (ye) através do teste de preferência alimentar em gatos.....	114
Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) entre os compostos voláteis pré e pós-extrusão.....	119
Figura 4. Análise de Variância explicada.....	119

RESUMO

Esta tese teve como objetivo avaliar a viabilidade do método *in home* para testes de palatabilidade em gatos domésticos, bem como analisar os aspectos sensoriais de extratos de levedura na preferência alimentar de gatos domésticos. O estudo buscou desenvolver protocolos confiáveis e aplicáveis a contextos domiciliares (método *in home*), aproximando os testes das condições reais de consumo. Os resultados encontrados nos indicam que a maioria dos gatos de um painel semitreinado é capaz de distinguir pequenas variações de odor e sabor em alimentos secos, promovidas pelos extratos de levedura. Fatores como idade (até 9 anos) e gênero não influenciaram significativamente os resultados quanto aos testes de palatabilidade. No entanto, características comportamentais tiveram impacto relevante, demonstrando que animais com melhores escores de comportamento apresentam melhor desempenho nos testes. Outros achados referem-se à viabilidade da execução de testes de palatabilidade *in home*, em que esses testes produziram resultados compatíveis com os obtidos em painéis de gatos semitreinados. Quanto as características sensoriais de alimentos secos com inclusão de extratos de leveduras, foram observadas tendências claras de preferência alimentar relacionadas às propriedades físico-químicas dos ingredientes. Ainda, foi possível verificar que aplicação dos extratos por cobertura após a extrusão foi o método mais eficiente para intensificar a palatabilidade, e o odor se mostrou um fator relevante nas escolhas dos animais, especialmente com o extrato YE-5. Esses achados reforçam a importância de considerar o método de aplicação, o processamento e a composição química dos extratos para melhorar a aceitação dos alimentos por gatos domésticos.

Palavras-chave: aceitação; alimentos extrusados; felinos domésticos; nutrição; preferência alimentar.

ABSTRACT

This thesis aimed to evaluate the feasibility of the *in-home* method for palatability testing in domestic cats, and to analyze the sensory aspects of yeast extracts on their food preferences. The study focused developing reliable protocols suited to household settings (*in-home* method), bringing the tests closer to real-life consumption conditions. The results indicate that most cats in a semi-trained panel could detect subtle variations in odor and flavor in dry foods caused by the inclusion of yeast extracts. Age (up to 9 years) and gender did not significantly influence the outcomes, but behavioral characteristics had notable effect—cats with higher behavior scores performed better in the tests. The *in-home* method proved feasible, yielding results consistent with those obtained from semi-trained cat panels. As for the sensory characteristics of dry foods with added yeast extracts, distinct preferences emerged based on the physicochemical properties of the ingredients. Applying the extracts as a coating after the extrusion process was the most effective method for enhancing palatability. Smell, particularly in the case of YE-5 extract, played a key role in food selection. These findings highlight the importance of application method, processing, and chemical composition of the extracts to improve food acceptance by domestic cats.

Keywords: acceptance; extruded foods; domestic cats; nutrition; food preference.

CAPÍTULO I
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

No ano de 2023, a indústria *pet* teve um faturamento 11,65% maior do que o ano anterior, totalizando R\$ 46,8 bilhões. Só a parcela representada por produtos de *Pet Food* abrangeu 78% do faturamento, com R\$ 36,8 bilhões, seguida da parcela *Pet Vet* com R\$ 6,80 bilhões, sendo R\$ 3,09 bilhões representados por produtos de *Pet Care* (ABINPET, 2024). No mesmo ano, em território nacional, foram produzidas cerca de 4 milhões de toneladas de alimentos para cães e gatos (ABINPET, 2024), evidenciando a importância e o potencial do setor dentro do contexto nacional.

Com a crescente produção, a avaliação de alimentos para cães e gatos também ganhou destaque, por meio de pesquisas que auxiliam na melhoria da eficiência de utilização de produtos usados nas rações. Existe ainda, uma preocupação em conciliar um alimento palatável com os valores nutricionais adequados conforme a espécie animal, e isto instiga o desenvolvimento de diversos estudos, sendo eles *in vivo* ou laboratorial, a fim de determinar a preferência alimentar dos animais diante de diferentes ingredientes.

A palatabilidade dos alimentos para animais de estimação pode ser caracterizada como “uma medida de preferência alimentar subjetiva e dependente do sabor, textura e aroma” (ARAÚJO; MILGRAM, 2004). Além disso, foi definida como “agradabilidade do sabor da ração, que é fornecida através das características sensoriais dos alimentos, como sabor, aroma e sensação que produz na boca” (KOPPEL, 2014). Sendo, a aparência, aroma, textura, sabor e o comportamento ingestivo, características importantes quando buscamos determinar a palatabilidade de um produto (KOPPEL; ADHIKARI; KALINOWSKI, 2013), e ainda, existem alguns fatores relacionados ao alimento e a alimentação que alteram a resposta na ingestão, sendo: temperatura do alimento, forma física (ração seca, úmida, semiúmida), influências externas (clima, ambiente, temperatura), frequência das refeições e comportamento alimentar (KVAMME, 2003).

Quando nos referimos a gatos, estes possuem um comportamento alimentar intermitente, ou seja, realizam pequenas refeições distribuídas em vários momentos do dia. São animais classificados como estritamente carnívoros, com necessidades nutricionais específicas, sendo extremamente seletivos e que na natureza consomem carcaça fresca morta de camundongos, ratos, coelhos e aves (BECQUES et al., 2014). Esta espécie exibe preferência por aminoácidos livres como alanina, prolina, lisina, histidina e leucina, e alimentos ácidos. São

incapazes de digerir lactose e outros açúcares e são deficientes na enzima amilase salivar e outras enzimas que participam da digestão do amido (NRC, 2006).

Alguns fatores são determinantes na preferência alimentar, pois os gatos reagem de forma individual, usam o aroma e sabor como detecção de escolha. Dietas com baixos níveis de energia inibem os fatores de palatabilidade, por isto, dietas com níveis altos de gordura geralmente são preteridas por estes animais (HULLAR; FEKETE; ANDRAÂSOF SZKY, 2001).

Todos esses fatores relacionados à palatabilidade e ao comportamento alimentar de cães e gatos devem ser considerados para maximizar o aproveitamento eficiente dos nutrientes da dieta, pois a palatabilidade está diretamente ligada ao consumo. Para o desenvolvimento de novos alimentos para animais de estimação, os fabricantes devem alcançar um equilíbrio entre a qualidade nutricional e apelo sensorial, porque os alimentos com alta qualidade nutricional podem eventualmente não ser consumidos se tiverem baixo apelo sensorial, resultando em baixa intenção de compra por parte dos tutores (SAMANT et al., 2021).

Neste caso, o uso de palatilizantes ou intensificadores de sabor são responsáveis por incorporar macro e micromoléculas diferentes nos alimentos, incluindo proteínas, aminoácidos, carboidratos, ácidos graxos, peptídeos, vitaminas e minerais (AFB, 2020), com o propósito de conferir uma melhor experiência sensorial ao animal, particularmente nos receptores gustativos T1R1 e T1R3 que são responsáveis por conferir o sabor umami, sabor este que é de alta afinidade por gatos (SALAUN et al., 2016; ALEGRÍA-MORÁN et al., 2019).

Nas indústrias de *Pet Food*, hidrolisados de proteína animal são usados para criar intensificadores de sabor e palatilizantes através da reação de *Maillard* (NAGODAWITHANA, 2008), e as proteínas de origem animal, assim como os aminoácidos específicos, gorduras de origem animal e carnes emulsionadas, já foram descritas como ingredientes altamente palatáveis para gatos (THOMBRE, 2004).

Geralmente, as dietas para animais de estimação são feitas a partir de proteínas de origem animal, no entanto, a sustentabilidade destas dietas tem sido desafiadora, uma vez que, algumas dessas formulações usam ingredientes que podem competir diretamente com os sistemas alimentares humanos ou potencialmente refletir em um contexto ambiental (SWANSON et al., 2013; ACUFF et al., 2021). Deste modo, o uso de proteínas vegetais, tais como leguminosas, legumes e tubérculos foram propostos como alternativas econômicas e sustentáveis (REILLY et al., 2020). Porém, esses ingredientes à base de plantas têm suas

próprias limitações, como perfil em aminoácidos, menor palatabilidade e percepções negativas por parte dos tutores, por acharem ser de menor qualidade e valor (HOLT; ALDRICH, 2022).

Como opção temos as proteínas microbianas, produzidas a partir de microorganismos heterotróficos, como leveduras. Tais microorganismos utilizam componentes de materiais residuais, que de certa forma seriam inacessíveis a organismos superiores, como humanos e outros animais, e conseguem convertê-los em proteínas biodisponíveis de alta qualidade com impacto ambiental reduzido (MATASSA et al., 2016; SPILLER et al., 2020). Além dos benefícios em questão nutricional, as leveduras e seus derivados já foram relatados por melhorarem a palatabilidade de alimentos para gatos devido à presença de aminoácidos livres e nucleotídeos, que promovem uma maior resposta de paladar nos receptores nasais dos gatos (OLIVEIRA et al., 2016).

Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar os aspectos sensoriais de extratos de leveduras para gatos, por meio de testes de palatabilidade realizados tanto em laboratório quanto em ambiente doméstico (*in home*). Além disso, busca-se avaliar a influência de compostos voláteis, produtos da reação de *Maillard*, textura, pH, cor, umidade e atividade da água (*A_w*) na preferência alimentar de gatos domésticos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância da Palatabilidade para *Pet Food*

Ao longo dos séculos, os animais de estimação estabeleceram uma relação harmoniosa com os seres humanos. Embora a comunicação direta entre humanos e animais não seja possível, o afeto é claramente expresso por meio de gestos de carinho, o que resultou na conquista de um espaço especial para os *pets*, incluindo a oferta de alimentos selecionados e de alta qualidade, com cuidados especiais (YABIKU, 2005).

Assim, cães e gatos tornaram-se parte integrante do orçamento mensal das famílias, sendo considerados membros da família (DAL-FARRA, 2003; MAZON; MOURA, 2017). Com o tempo, as dietas destinadas a esses animais foram se aperfeiçoando, sendo disponibilizadas em embalagens de diversos tamanhos, que facilitam o armazenamento e garantem o consumo adequado. Isso levou ao fortalecimento das pesquisas na área da nutrição de cães e gatos, que buscam entender as preferências alimentares das espécies. Um exemplo é a evolução dos alimentos enlatados que, anteriormente, eram produzidos com sobras de pescados, mas hoje são fabricados a partir de subprodutos com melhor palatabilidade.

Entender o impacto do histórico alimentar na palatabilidade é fundamental na formulação de rações para animais de estimação. No entanto, a palatabilidade é um fenômeno complexo, influenciado por vários fatores que interagem dinamicamente para moldar as preferências alimentares e comportamentais dos animais (KUMAR; GOSWAMI, 2024). Compreender esses fatores é essencial para desvendar as complexidades da avaliação da palatabilidade e otimizar as formulações.

As pesquisas indicam que cães e gatos, com suas capacidades sensoriais altamente desenvolvidas, podem discernir diferenças qualitativas entre diferentes opções de alimentos com base em suas características sensoriais (KUMAR; GOSWAMI, 2024). Eles tendem a preferir alimentos com texturas, aromas e sabores atraentes, destacando a importância da otimização sensorial no desenvolvimento de novos produtos de *Pet food*. Assim, as características sensoriais desempenham um papel crucial na determinação da palatabilidade dos alimentos (ARAÚJO; MILGRAM, 2004). O sabor, o aroma e a textura são atributos sensoriais essenciais que impactam significativamente a percepção e aceitação dos animais em relação a um alimento.

Os atributos sensoriais, como aroma e aparência, são considerados os principais impulsionadores da aceitabilidade dos alimentos tanto para cães e gatos quanto para seus

tutores. Do ponto de vista dos animais, embora os aromas possam impulsionar a preferência inicial (odores oronasais), o consumo do alimento é principalmente determinado pelos sabores gerais (odores retronasais) (DI DONFRANCESCO et al., 2014; KOPPEL, 2020).

Para o desenvolvimento de novos alimentos para animais de estimação, os fabricantes devem alcançar um equilíbrio entre a qualidade nutricional e o apelo sensorial. Mesmo que um alimento tenha alta qualidade nutricional, ele pode não ser consumido se tiver baixa palatabilidade, o que também pode resultar em menor intenção de compra por parte dos tutores (SAMANT et al., 2021).

Em uma pesquisa realizada por Di Donfrancesco et al. (2014), foram avaliadas oito variedades de rações secas para cães, com o objetivo de determinar a relação entre a percepção dos tutores e a preferência alimentar dos cães. Os resultados mostraram uma correlação muito alta (coeficiente de correlação de Pearson = 0,93), indicando que quanto mais um produto era apreciado pelos tutores, mais eles acreditavam que seria apreciado pelo animal, levando a uma maior intenção de compra.

Além disso, as preferências de cor e aroma foram os principais contribuintes para a preferência geral dos tutores. A intensidade da cor do produto (tons marrons mais escuros) e a aparência oleosa do alimento geraram reações negativas. Em relação ao tamanho do *kibble*, observou-se que *kibbles* muito pequenos resultaram em pontuações mais baixas (DI DONFRANCESCO et al., 2014).

A avaliação da palatabilidade de um alimento é a melhor maneira de garantir que os animais recebam suas necessidades nutricionais diárias, consumindo toda a refeição sem rejeição. Ao analisarmos a evolução da espécie felina, observamos que suas tendências de preferência alimentar estão alinhadas com dietas ricas em proteínas, devido ao seu regime carnívoro obrigatório (HEWSON-HUGHES et al., 2011).

Desvendar os desafios da palatabilidade é essencial para otimizar as formulações de alimentos para animais de estimação, aumentar a satisfação dos tutores e promover a saúde e o bem-estar de cães e gatos. Com isso, as pesquisas continuam a contribuir para o avanço contínuo da ciência de alimentos para animais e das práticas na indústria.

2.2. Características sensoriais dos gatos

De uma maneira geral, os cães e gatos são os modelos animais mais usados para avaliação da palatabilidade de alimentos para animais de estimação. Embora, cães denotem maior aceitação de uma variedade de alimentos, o seu comportamento alimentar é oportunista

e apresenta tendência a consumir o primeiro alimento que escolhem, o que pode ser um desafio quando buscamos identificar os compostos fundamentais que impulsionam a ingestão de alimentos. Já os gatos, apresentam maior seletividade e conseguem detectar pequenas alterações na composição do alimento, sendo mais seletivos em testes de palatabilidade (WATSON et al., 2023).

2.2.1. Particularidades anatômicas e alimentares dos gatos

O número limitado de papilas gustativas nos gatos faz com que eles dependam mais de outros sentidos, sendo o olfato o mais relevante. É amplamente reconhecido que o olfato dos felinos é até 14 vezes mais sensível que o dos humanos, em grande parte devido à presença de aproximadamente o dobro de receptores olfativos no epitélio nasal. Isso permite aos gatos detectar e avaliar de forma mais eficaz os aromas dos alimentos, influenciando diretamente suas preferências alimentares (PADODARA; JACOB, 2014).

Os gatos possuem um órgão vomeronasal ou de Jacobson localizado no céu da boca, que tem um ducto que conecta o nariz e a boca. Este órgão está situado ao longo da base da cavidade nasal, tem um comprimento médio de 15 mm, abre-se na boca através do ductovomeronasal, na fase lateral dos dentes incisivos, através do septo lateralmente ao nariz (SALAZAR et al., 1996; CHUNG et al., 2018), como pode ser observado na figura 1, os principais constituintes do sistema olfativo dos felinos e seu papel na determinação do sabor.

O órgão vomeronasal é quase que inteiramente circundado por cartilagens e ajuda a compensar a baixa capacidade de detecção de sabores dos gatos. Neste caso, os gatos utilizam o nariz, a boca e o órgão vomeronasal conjuntamente para chegar a uma decisão sobre o sabor do alimento (SALAZAR et al., 1996).

A primeira impressão que o gato tem com o alimento é por meio do olfato, portanto quando um gato cheira a comida, ele abre a boca, coloca o queixo na posição mais baixa, curva a ponta do nariz, e a comunicação começa entre o órgão vomeronasal e a cavidade nasal, por meio do ducto vomeronasal, neste momento o gato esfrega a língua no palato e transfere o cheiro para a língua onde estão localizadas as papilas gustativas (PAPES et al., 2010). O órgão também funciona na determinação de feromônios sendo relevante do ponto de vista do comportamento sexual em gatos (DOVING; TROTIER, 1998).

As cavidades oral e nasal dos felinos possuem uma variedade de receptores envolvidos com a seleção dos alimentos. Os receptores presentes na cavidade nasal são sensíveis a

compostos voláteis, enquanto os presentes na cavidade oral são responsivos a compostos solúveis em água (HENDRIKS, 2002; KVAMME, 2003).

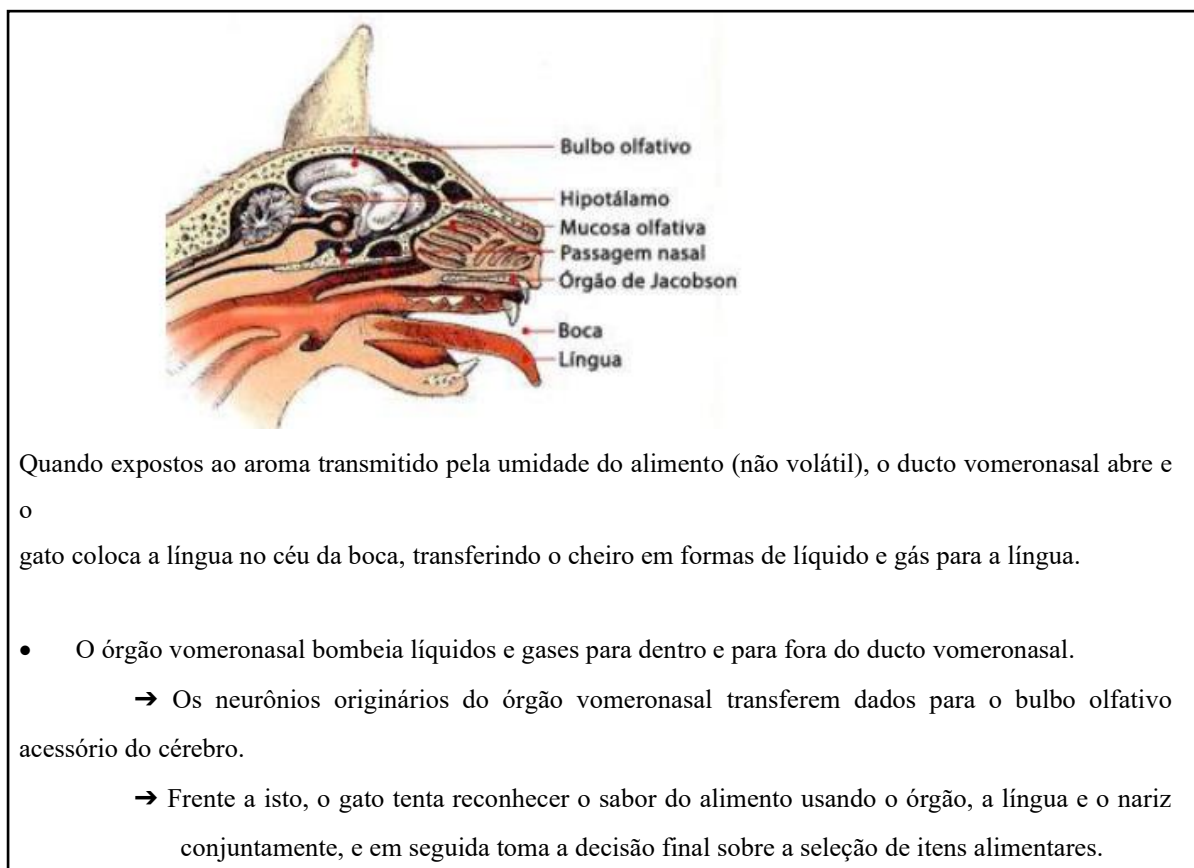


Figura 1. Partes do sistema olfativo do gato e seu papel na determinação do sabor dos alimentos.

Fonte: Adaptado de Pekel, Mülazimoğlu e Acar (2020).

Outra particularidade no que se refere aos gatos, é que quando comparados aos cães, diferem quanto à intensidade e amplitude de percepção de alguns compostos químicos aos quais cada grupo de sabor pertence.

Os nervos craniais, envolvidos na transmissão de informações responsáveis por conferir o sabor, são: nervo facial, glossofaringeal, vago e trigeminal. Dentre eles, o nervo facial é o mais estudado em cães e gatos, e contém sistemas de percepção de sabor constituídos por grupos de neurônios, como das unidades sensíveis aos aminoácidos, ácidos, nucleotídeos, furaneol e amargo (BRADSHAW, 1991), como observado na tabela 1.

Ainda, o tamanho e formato dos *kibbles* são particularmente importantes em alimentos para gatos, que rejeitam extrusados grandes (maior que 1,0 cm de diâmetro), de formato pontudo e que machuquem a boca (TRIVEDI; BENNING, 1999), sendo este um parâmetro especialmente relevante para animais braquicefálicos, como os gatos da raça Persa, que apresentam dificuldade de apreensão e deglutição, devendo optar por formatos mais achatados e

com bordas arredondadas (extrusão longitudinal), a fim de facilitar a ingestão por essas raças (FÉLIX; OLIVEIRA; MAIORCA, 2010).

Tabela 1. Principais sistemas neurais receptores de sabor de cães e gatos

Grupo neural	Gato	Cão	Percepção humana
Aminoácido	M (Tipo II)	M (Tipo A)	Doce ou amargo
Ácido	M (Tipo I)	M (Tipo B)	Azedo
Nucleotídeo	M (Tipo III)	m (Tipo C)	Umami
Furaneol	-	m (Tipo D)	Doce
Amargo	m (Tipo III e X)	-	Amargo
Sal	-	-	Salgado

M: grupo em maioria; m: grupo em minoria; - não detectado.

Fonte: Adaptado de Bordreau et al. (1985), Bordreau (1989) e Bradhaw (1991).

2.2.2. Receptores de odor

O paladar é descrito como a sensação decorrente da estimulação dos quimiorreceptores (papilas gustativas) que estão localizados na cavidade oral. O odor é composto por componentes voláteis presentes nos alimentos, que afeta os receptores olfativos localizados na cavidade nasal. Já o sabor, é a percepção combinada dos receptores olfativos nas cavidades oral, nasal e laríngea (ALDRICH; KOPPEL, 2015). A palatabilidade ocorre no momento em que um alimento é consumido, e é responsável pelo sabor e pela percepção que os animais tem acerca da aparência, textura, tamanho, consistência e talvez até de experiências anteriores com determinado alimento (BRADSHAW, 2006).

Para cães e gatos, o olfato, concomitantemente ao paladar, é fundamental para a percepção do sabor nos alimentos. Através de odores característicos das substâncias encontradas no ambiente, os animais podem selecionar alimentos, e evitar o consumo de compostos tóxicos, garantindo sua sobrevivência (FÉLIX; OLIVEIRA; MAIORCA, 2010).

Resultante de qualquer composto químico volátil, o odor resulta da interação com o epitélio olfativo, gerando uma resposta que o caracteriza. Tal resposta varia conforme o grau de volatilidade e solubilidade da molécula no muco sobrejacente aos receptores olfativos. Para ser odorífera, a molécula deve ser volátil a ponto de produzir uma pressão de vapor acima de 0,01 mmHg em temperatura ambiente, de baixo peso molecular (menor que 300 Da) e apresentar uma região hidrofóbica forte e polar mais fraca (RAWSON, 2004).

A percepção de diferentes odores ocorre devido à presença de receptores específicos no tecido olfativo para cada classe de odor. Neurônios receptores contidos no tecido olfativo transmitem os sinais gerados pela presença das moléculas de odor na superfície da membrana celular para as células olfativas, e como resposta ocorre a formação de padrões vibratórios

específicos no epitélio olfativo, os quais são enviados ao cérebro, e com isso ocorre a percepção de odor (RICKERT, 1995).

É um processo complexo, uma vez que os compostos químicos com estruturas totalmente distintas podem apresentar odores similares, enquanto que estruturas químicas diferentes apenas quanto a quiralidade, por exemplo L- e D- enantiômeros de aminoácidos, podem apresentar odores totalmente diferentes (RAWSON, 2004). Ainda, há a interação entre moléculas inaladas e os diferentes receptores olfativos, que pode gerar inúmeras percepções diferentes, sendo difícil isolar um único odor.

Mais de 250 compostos químicos relacionados ao aroma podem ser encontrados em palatilizantes para cães e gatos, à base de fígado de aves, suínos, bovinos, peixes, coelhos e cordeiros, sendo os aldeídos e hidrocarbonetos as classes que mais prevalecem, mas são detectados também grupos aromáticos pertencentes aos sulfurados e pirazinas (FRÉMONT, 2007).

2.2.3. Receptores de sabor

Gatos apresentam cerca de 450 papilas gustativas, um número relativamente menor se comparado aos cães, vacas e humanos, que possuem cerca de 1700, 20000 e 10000 respectivamente. Desta forma, possuem uma sensibilidade gustativa mais fraca em relação as demais espécies (DAVIES; KARE; CAGAN, 1979; GANCHROW; GANCHROW, 1987; ROBINSON; WINKLES, 1990).

São capazes de detectar cinco sabores básicos: salgado, ácido, amargo, doce e umami (LI, 2013). Embora, mesmo tendo um paladar funcional, assim como a maioria dos mamíferos, eles não têm receptores para o sabor doce, não apresentando preferência por compostos adocicados como a sacarose (LI et al., 2006).

Ainda, exibem três grupos de unidades quimiorresponsivas na língua, cada uma responsável por responder a diferentes compostos. Todos os três grupos de unidades inervam as papilas fungiformes, posicionados em áreas diferentes, mas sobrepostas à língua (BOUDREAU, 1977). Unidades do grupo I respondem a ácidos em geral (ácido cítrico e málico), assim como certos compostos de nitrogênio quando consumido em pH neutro e compostos com anel imidazol. As unidades do grupo II respondem a aminoácidos, nucleosídeos di e trifosfato e alguns sais inorgânicos. E os estímulos do grupo III são menos definidos, mas sensíveis a nucleotídeos (BOUDREAU, 1973; BOUDREAU, 1977).

De maneira geral, o sentido do paladar nos gatos é semelhante à de outros mamíferos, respondendo a estímulos salgados, azedos e amargos, assim como a aminoácidos e nucleotídeos (LI et al., 2006).

Quanto a aminoácidos, os gatos parecem rejeitar os tidos como “amargo” para humanos, como L-arginina, L-isoleucina, L-fenilalanina e L-triptofano e demonstram ter preferência a aminoácidos identificados como “doces” incluindo L-prolina, L-cisteína, L-ornitina, L-lisina, L-histidina e L-alanina (WHITE; BOUDREAU, 1975; BOUDREAU et al., 1985; BRADSHAW et al., 1996; ZAGHINI; BIAGI, 2005; CASE et al., 2010).

Embora exista preferência para aminoácidos doces quando comparados a amargos (para humanos), os gatos não apresentam quaisquer receptores funcionais para doces, devendo ter algum meio de diferenciar os dois tipos de aminoácidos (LI et al., 2006; WATSON et al., 2023).

Geralmente, os gatos são atraídos por alimentos com forte sabor umami, que muitas vezes está associado a alta concentração de aminoácidos, particularmente o ácido L-glutâmico (SALAUN et al., 2016; ALEGRÍA-MÓRAN et al., 2019). A abundância de unidades receptoras de sabor de aminoácidos em gatos está relacionada ao consumo de carne e é usada para discriminar entre carnes de diferentes qualidades (BRADSHAW, 1991). Isto também pode explicar por que os gatos são conhecidos por recusar nucleotídeos monofosfato, que se acumulam nos tecidos dos mamíferos após a morte e nos fornece algumas informações sobre as razões a aversão que possuem à carniça (BRADSHAW et al., 1996; ZAGHINI; BIAGI, 2005).

Estudos recentes indicam que o sabor kokumi, descrito como a sensação de aumento dos sabores doce, salgado e umami, é uma importante modalidade de sabor para animais carnívoros, tendo associações com a palatabilidade de compostos derivados de carne, como aminoácidos e peptídeos (OHSU et al., 2010; RHYU et al., 2020; LAFFITTE et al., 2021). Nesta situação, o receptor CaSR, que é sensível ao cálcio, foi designado como suposto receptor de sabor kokumi em humanos, e também é expresso nas papilas circunvaladas de gatos (OSHU et al., 2010; MARUYAMA et al., 2012).

2.3. Métodos de avaliação da palatabilidade de alimentos para gatos

Os testes comuns de palatabilidade são conhecidos por dois métodos: aceitação e preferência. O método de aceitação consiste em fornecer ao animal uma vasilha com quantidade de alimento que ultrapasse sua necessidade diária de consumo, e avaliar o quanto ele consumiu; e o método de preferência baseia-se em apresentar duas vasilhas simultaneamente, e avaliação

da sua razão de ingestão, ou seja, o consumo de um a partir de outro (GRIFFIN; SCOTT; CANTE, 1984).

Estes métodos foram descritos por Griffin em 1984 e reavaliados em 2003. Atualmente, revisões a respeito dos métodos foram realizados por outros pesquisadores, que confirmaram os métodos propostos por Griffin ou apresentaram novos métodos, a fim de comparar diferenças quantitativas e qualitativas no alimento (ALDRICH; KOPPEL, 2015; TOBIE; PÉRON; LAROSE, 2015), e até avaliações comportamentais consideradas como um índice importante para os testes de palatabilidade.

2.3.1. *Teste de aceitabilidade ou método de uma vasilha*

O teste de vasilha única corresponde em ofertar apenas um alimento por vez, em um tempo definido. São frequentemente repetidos por cinco dias ou mais, não apenas para minimizar o potencial impacto de neofilia ou neofobia, mas também para que ocorra o ajuste calórico pelos animais (GRIFFIN, 2003; ALDRICH; KOPPEL, 2015). Uma representação do método de aceitabilidade pode ser vista na figura 2.

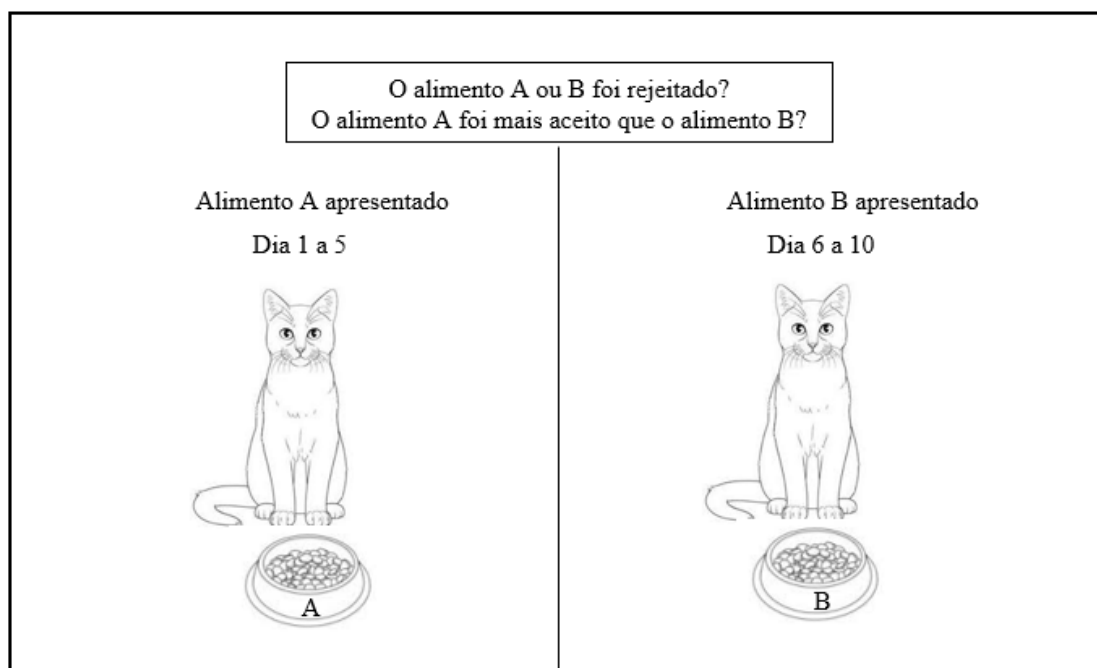


Figura 2. Demonstração do teste de aceitabilidade para avaliar a palatabilidade de alimentos para cães e gatos.
Fonte: Adaptado de Les Guillas et al. (2024).

A ingestão de alimento consumido é avaliada através da pesagem da diferença entre o oferecido e as sobras deixadas na vasilha ao final do teste. De maneira geral, a aceitabilidade é definida pela quantidade de alimento consumido, permitindo a ingestão calórica adequada (ALDRICH; KOPPEL, 2015). Todavia, ao comparar a aceitabilidade de dois produtos

diferentes, por exemplo alimento A e B, considerando apenas a quantidade consumida, um aumento ou diminuição notável ao longo do tempo pode aparecer, devido ao efeito de novidade ou ajustes calóricos do segundo alimento.

Desta forma, uma proporção do alimento total A dividido pela soma total de alimentos A e B consumidos durante o período de teste, oferece uma visão mais clara para determinar qual alimento foi melhor aceito. Portanto, uma proporção de 0,50 indicaria aceitação semelhante de ambos alimentos (GRIFFIN, 2003; ALDRICH; KOPPEL, 2015).

Contudo, neste teste, para a interpretação dos resultados devemos levar em conta a densidade calórica, pois densidades energéticas muito distintas afetam o consumo, assim como, casos de neofilia, ou efeito antiapostático, que se refere a animais que consomem mais de algo conhecido, mas raramente disponível, do que um alimento com palatabilidade semelhante ao que é servido comumente (LES GUILLAS, 2024).

Ainda, testes de uma vasilha permitem avaliar comportamentos alimentares, como velocidade de consumo, entusiasmo em comer ou virar o alimento para baixo (GRIFFIN, 2003; BECQUES et al., 2014; TOBIE et al., 2015).

2.3.2. Testes de preferência ou duas vasilhas

Testes de duas vasilhas tem como objetivo comparar dois alimentos (A *versus* B) em dois recipientes diferentes que são oferecidos simultaneamente aos animais (SAMANTI et al., 2021), por um período de tempo limitado, entre 15 a 30 minutos para cães, e até 24 horas para gatos, ou até que a quantidade necessária para suprir as necessidades diárias do animal, tenham sido contempladas a fim de evitar consumo excessivo (GRIFFIN, 2003; ALDRICH; KOPPEL, 2015). Uma representação gráfica do teste de preferência pode ser observada na figura 3.

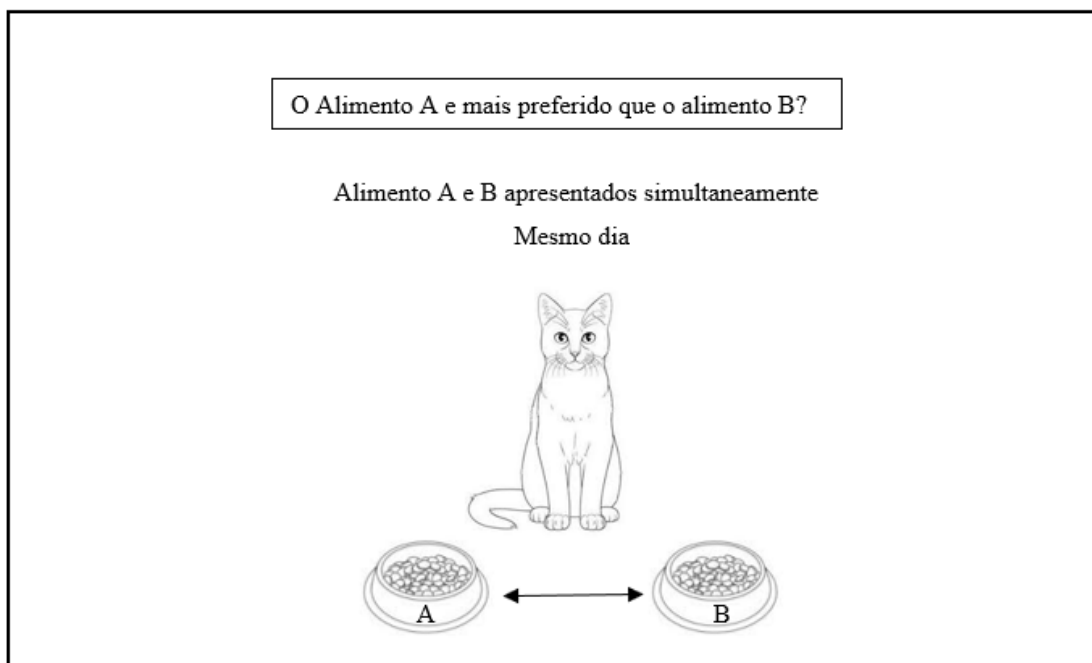


Figura 3. Demonstração do teste de preferência para avaliar a palatabilidade de alimentos para cães e gatos.
Fonte: Adaptado de Les Guillas et al. (2024).

Nesses testes, a posição das vasilhas é alternada para evitar lateralidade, que é a situação que reflete a preferência do animal em escolher a vasilha da direita ou esquerda sem levar em função a palatabilidade do alimento (TOBIE et al., 2015). Os alimentos devem ser pesados antes e depois dos testes para avaliar a quantidade consumida, e os com maior consumo podem ser interpretados como alimento preferido (LES GUILLAS et al., 2024).

Griffin (2003) quando propôs o método, recomendou considerar os resultados como taxa ingestão, sendo a proporção de alimento consumido sobre a soma da proporção de consumo total dos dois alimentos consumidos ($A/(A+B)$). Outro indicador interessante para avaliar é a escolha inicial, ou primeira escolha, que é a primeira vasilha que o animal consome e cheira, o que reflete a atratividade olfativa (TOBIE et al., 2015; SAMANT et al., 2021).

O método se mostra útil para o desenvolvimento de novos produtos ou para detectar pequenas diferenças de preferência, devido a mudanças na formulação ou processo, todavia, essa comparação não nos permite representar o comportamento alimentar comum dos animais, principalmente em domicílios.

2.3.3. Métodos alternativos

Tobie (2015), Rogues (2022) e seus grupos de pesquisa, propuseram métodos e abordagens complementares que focam no comportamento alimentar como cinética, ou seja, velocidade de alimentação, número de refeições, etc., comportamento exploratório e linguagem

corporal, como papel do olfato, lambem e cheirar, entre outros, prazer e até mesmo indicadores fisiológicos (temperatura, frequência cardíaca, etc.) para investigar as preferências alimentares de cães e gatos.

Essas avaliações alternativas focam mais no comportamento dos animais do que em experimentos com aparelhos específicos, como o olfatômetro canino ou vasilhas de fundo falso. Uma pesquisa realizada por Becques et al. (2014) avaliou o comportamento de gatos através de vídeos durante dois dias de testes através do método de duas vasilhas, comparando uma ração muito palatável *versus* baixa palatabilidade. E neste estudo foi possível constatar que os animais gastaram significativamente menos tempo cheirando o alimento mais palatável durante as duas primeiras visitas às vasilhas, isso no primeiro dia do teste, antes de consumi-la, o que demonstra menor hesitação em consumir o alimento. Neste estudo, os autores também avaliaram o comportamento de lambedura e velocidade de consumo, que no estudo não foram afetados pela palatabilidade dos alimentos testados.

2.3.4. Análise sensorial através de painel humano

As análises sensoriais em alimentos para animais de estimação podem ser descritivas, por meio da avaliação e descrição de atributos ou características em uma escala, ou discriminativa, por meio da percepção de diferenças ou não entre dois ou mais alimentos. Esses testes são geralmente realizados por especialistas treinados (DI DONFRANCESCO et al., 2012; KOPPEL, 2014; SAMANT et al., 2021).

Estudos realizados na Universidade Estadual do Kansas utilizaram amplamente as análises sensoriais para avaliar o impacto do processo ou da inclusão de ingredientes específicos no alimento, bem como suas especificidades e qualidade (DI DONFRANCESCO et al., 2012; KOPPEL et al., 2015; CHANADANG et al., 2016; DI DONFRANCESCO; KOPPEL, 2017; LEMA; KOPPEL; ALDRICH, 2022).

Em pesquisa proposta por Di Donfrancesco, Koppel e Chambers (2012), foi desenvolvido um vocabulário para descrever as propriedades sensoriais da ração seca para cães. Esta pesquisa nos forneceu mais de 70 descritores ou atributos para avaliação de sabor, aroma, textura e aparência. Para obter esses resultados, foi necessário cinco painelistas treinados, que avaliaram 21 alimentos secos para cães nos EUA e estabeleceram uma lista de atributos comuns e específicos para oferecer uma série de descrições acerca dos alimentos.

Apesar das diferenças fisiológicas óbvias em relação ao sabor e a percepção do sabor entre humanos e animais, sejam eles cães ou gatos, as análises sensoriais realizadas em seres

humanos nos fornecem informações um tanto quanto valiosas sobre as características de um determinado alimento (LES GUILLAS et al., 2024).

Em conjunto com os testes de palatabilidade com animais de estimação, as análises físico-químicas, como cromatografia gasosa e espectrometria de massa para aromas ou compreensão da textura, nos auxiliam a entender os atributos que impulsionam a preferência ou rejeição a alguns tipos de alimentos ou ingredientes (AUVRAY; SPENCE, 2008; KOPPEL, 2014).

2.3.5. *Tecnologias de e-nose e e-tongue*

O nariz eletrônico ou *e-nose* consiste em um conjunto de sensores de gás que fornece resposta de impressão digital a voláteis específicos, que podem então ser usados por padrão algoritmos de reconhecimento, como rede neural artificial (RNA), com o intuito de realizar discriminação e classificação de diferentes odores (TAN; XU, 2020). O esquema de funcionamento de um modelo de *e-nose* está representado na figura 4.

Geralmente, as moléculas voláteis reagem com os sensores de materiais do sensor de gás e causam alterações irreversíveis nas propriedades elétricas, como a condutividade. Essas mudanças são então detectadas e caracterizadas por algoritmos de reconhecimento de padrões para realizar discriminação ou classificação da amostra (TAN; XU, 2020).

Comparado com equipamentos analíticos de gases tradicionais, incluindo cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-MS), cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC) e espectrometria infravermelha com transformador de Fourier (FT-IR), o *e-nose* é relativamente uma abordagem barata e menos demorada (TAN; XU, 2020).

Em comparação com os painéis sensoriais, os narizes eletrônicos são menos tendenciosos e fornecem medições mais consistentes entre os dispositivos. Portanto, essa tecnologia têm amplas aplicações, e foi utilizada em diferentes estudos como no monitoramento do processamento relacionado ao cheiro, incluindo fermentação de grãos, torrefação, grãos de cacau/café, tempo de conchagem do chocolate, e até mesmo sendo utilizados para determinar a qualidade dos alimentos, como frescor da carne, deterioração e qualidade dos alimentos (KODOGIANNIS, 2018; YANG et al., 2018; TAN, 2017; CHEN et al., 2019; DONG et al., 2019; TAN; KERR, 2019; WU et al., 2020).

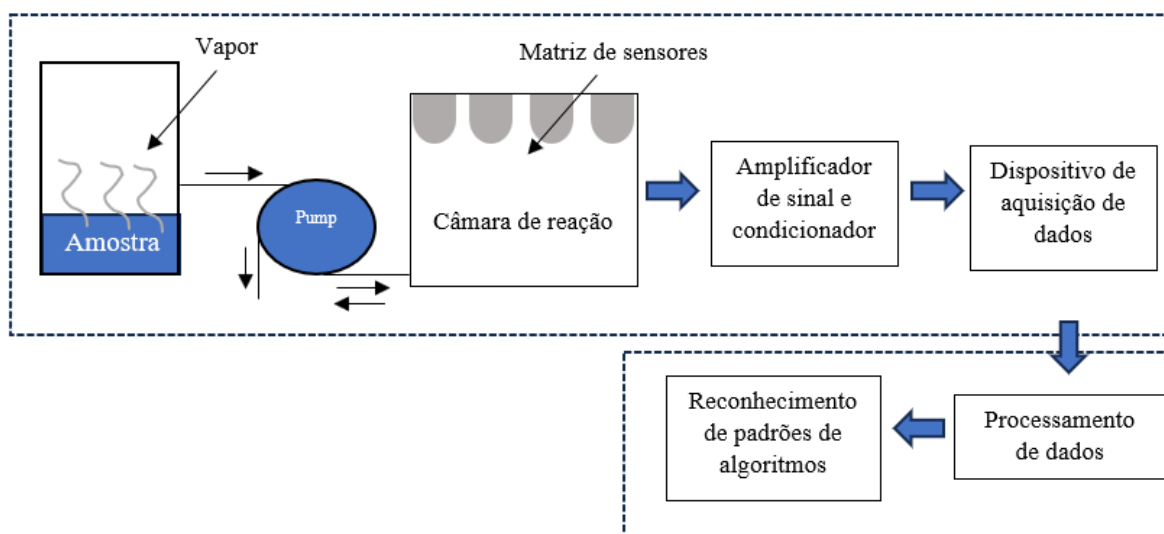


Figura 4. Diagrama esquemático de um sistema típico de nariz eletrônico.
Fonte: Tan e Xu (2020).

A língua eletrônica ou *e-tongue* é outro método utilizado na avaliação de alimentos. Ela consiste em um eletrodo multicanal com um conversor composto por uma membrana lipídica, fixada por um polímero, com a finalidade de mimetizar a função de um receptor gustativo humano, e é usado para medir as cinco propriedades gustativas, como demonstrado na figura 5. O potencial medido na *e-tongue* é usado para determinar a concentração de alguns componentes da solução. Essas línguas eletrônicas são fáceis de aplicar em alimentos líquidos, e o preparo é limitado à diluição ou filtração (DI ROSA et al., 2017). Desta forma, a *e-tongue* se torna uma alternativa barata de detecção rápida, e vem sendo empregada por muitos pesquisadores (SCHLOSSARECK; ROSS, 2019).

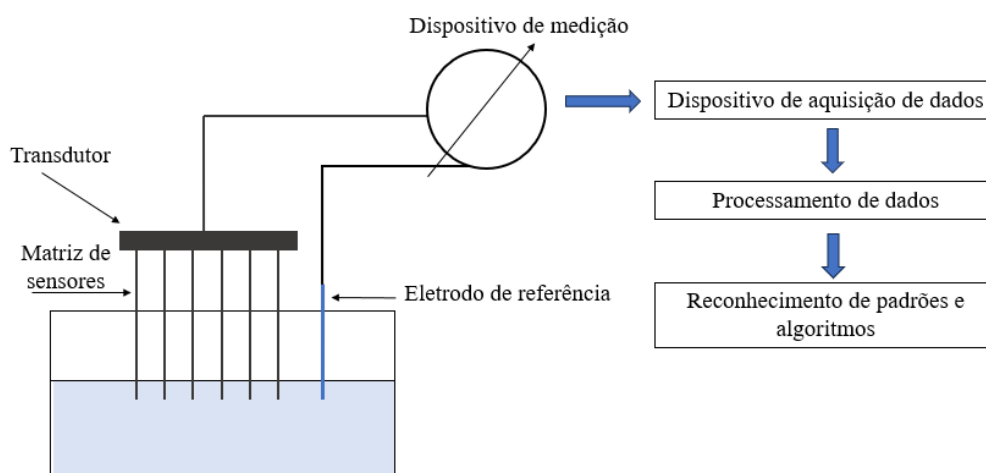


Figura 5. Esquema de um sistema típico de língua eletrônica.
Fonte: Tan e Xu (2020).

Uma pesquisa recente realizada por Jeong et al. (2023) avaliou as características sensoriais dos compostos de sabor e odor em 10 alimentos secos comerciais para cães através da *e-tongue* e do *e-nose*, cromatografia gasosa – espectrometria de massa (GC-MS) e cromatografia gasosa – olfatometria (GC-O). Os autores detectaram 67 compostos de odor que são descritos por apresentarem efeitos positivos na ingestão de alimentos, estes resultados podem fornecer dados fundamentais para a avaliação sensorial na produção de novos alimentos com melhora em palatabilidade.

2.4. Testes *in home* para avaliação de *Pet Food*

A avaliação da palatabilidade é um teste estratégico para desenvolver alimentos, petiscos e medicamentos orais para animais. A avaliação baseia-se em testes de aceitação e/ou preferência, podendo ser realizado com painéis de animais treinados ou não, em ambiente laboratorial ou em domicílios (*in home*).

A fim de enriquecer as medições clássicas de palatabilidade, novos métodos e critérios vem sendo desenvolvidos, com foco em análises comportamentais, características sensoriais e forma de amostragem dos animais de forma mais representativa.

Na maioria das vezes os testes são realizados por empresas de *Pet Food*, em condições dedicada à pesquisa como canis ou gatis, em que as condições de pesquisa são controladas, tais como raça, alojamento, nível de alimentação e cronograma, interações com outros animais e funcionários (BOS et al., 2023).

Ambas as abordagens podem apresentar vantagens e desvantagens (GRIFFIN, 1984). Quando nos referimos a testes realizados em laboratório, os animais são submetidos aos testes com certa frequência, e podem ser especializados a um determinado tipo de alimento (seco ou úmido), ou diferentes tipos de dietas com períodos de transição entre elas. Nessa situação, os dados tornam-se mais confiáveis e precisos do que os fornecidos por animais em domicílios. Todavia, precisam de treinamento intensivo para a exposição à diversidade de alimentos, testes de qualificação, quando o alimento é altamente palatável, ou quando os alimentos são conhecidos por serem iguais em critérios de palatabilidade, e um acompanhamento constante de qualidade para verificar a precisão na discriminação e reprodutibilidade dos resultados e potencial risco de lateralização (LAROSE, 2003).

Já os testes *in home*, são realizados por animais de tutores, e selecionados de acordo com diferentes critérios, como: idade, sexo, histórico alimentar, comportamento, etc. Esses

animais são “ingênuos” em relação a participação em testes e não apresentam nenhum treinamento (TOBIE et al., 2015).

Quando comparados a animais de gatis ou canis, o histórico de alimentação dos animais *in home*, pode não ter tanta diversidade, desta maneira, o pesquisador deve se certificar de que o protocolo do teste foi respeitado e que as percepções dos proprietários não foram tendenciosas. Por essas razões, os testes de palatabilidade *in home* necessitam de um n maior de animais (TOBIE et al., 2015).

A padronização e controle são importantes para obtenção de informações confiáveis, dados uniformes e reprodutíveis. No entanto, testar as qualidades das instalações diferem muito das condições e experiência em domicílios, e como tal, os resultados podem não ser representativos para a população de animais a qual o alimento teste se destina (BOS et al., 2022).

Como principal vantagem do método *in home*, existe a facilidade na obtenção de dados representativos do mercado final, obtendo um *feedback* da vida real. Além disso, é uma boa maneira de avaliar as reações dos donos aos atributos sensoriais do alimento e sobre sua percepção sobre palatabilidade (TOBIE et al., 2015).

A população de animais de companhia difere dos centros de pesquisas (canis ou gatis) por uma maior variabilidade em fatores que afetam a digestibilidade dos nutrientes, aceitação e preferência, fatores esses como idade, raça, peso corporal, condição corporal, saúde e nível de atividade física (WEBER; BIOURGE; NGUYEN, 2017; XU et al., 2017). Além de tudo, muitos fatores externos ao alimento ou ao animal podem ter influência sobre os resultados, como o horário das refeições, se a alimentação fica disponível o dia todo ou em horários específicos, presença ou não de outros animais, quantas pessoas cuidam do cão ou gato, etc.

As variabilidades encontradas em condições de testes *in home* afetará os requisitos adotados no protocolo experimental, necessitando de ajustes, como, por exemplo, no período de adaptação para receber o novo alimento, período de coleta, caso haja, número adequado de animais, e principalmente na confiança dos resultados, pois nesse caso deve haver total clareza dos métodos que vão ser adotados, e acompanhamento dos tutores para que cada contratempo que ocorra possa ser solucionado o mais breve possível.

A comparação entre os resultados do painel de animais treinados e animais *in home* geralmente revela diferenças, mais ou menos importantes de acordo com o tipo de produto testado. Recentemente, novas abordagens e critérios complementares vem sendo desenvolvidos a fim de nos fornecer mais informações e enriquecer a medição da palatabilidade, focando em

orientações organolépticas e nutricionais, e considerando ainda a dimensão emocional do desempenho de testes de palatabilidade. Essas novas abordagens consideram não apenas as expressões comportamentais dos animais como também as interações com seus donos e finalmente a percepção dos proprietários sobre o prazer do animal de estimação frente a experiência de um novo alimento (TOBIE et al., 2015).

2.5. Fatores que afetam a Palatabilidade

A palatabilidade é um fenômeno complexo e é influenciada por diversos fatores que interagem dinamicamente a fim de moldar as preferências alimentares e os comportamentos de consumo dos animais. Compreender esses fatores é necessário para desvendar as complexidades da avaliação da palatabilidade e garantir a otimização das formulações de alimentos para animais de estimação (KUMAR; GOSWAMI, 2024).

As características sensoriais desempenham um importante papel na determinação da palatabilidade dos alimentos. O sabor, odor e a textura são atributos essenciais que impactam significativamente a percepção e aceitação dos alimentos pelos animais. Além dos aspectos sensoriais, a composição nutricional, como a presença de proteínas e gorduras de alta qualidade, também são essenciais para aumentar a aceitação. Por fim, fatores ambientais e comportamentais, como o local onde o alimento é oferecido e o estado emocional do animal, podem influenciar a ingestão, tornando a palatabilidade um aspecto multidimensional.

2.5.1. Fatores relacionados ao animal

O histórico alimentar influencia profundamente a palatabilidade (MARSHALL; PRATO; VALSECCHI, 2011). As experiências anteriores dos animais com determinadas dietas podem moldar as suas preferências e comportamentos de consumo. A familiaridade com formulações alimentares específicas pode levar a uma maior aceitação e preferência, enquanto novos alimentos podem inicialmente ser recebidos com ceticismo ou relutância (KUMAR; GOSWAMI, 2024).

Gatos observam as práticas alimentares das mães, que impactam seu comportamento alimentar mais tarde no período adulto (BRADSHAW, 2006). Ao alimentar gatos com dieta crua ou enlatada das 9 semanas até 20 semanas pós-desmame, e apenas ração seca entre 7 e 23 meses de idade, Hamper et al. (2012) verificaram que os animais demonstraram menor aceitação a alimentos enlatados após os 23 meses de idade. E com isso, os autores concluíram

que nem a alimentação crua, nem o alimento enlatado afetaram a transição de alimentos secos para úmidos durante a idade adulta.

Um grupo de gatos foi alimentados apenas com atum, e outro grupo com carne bovina, durante um período de 3 semanas a 6 meses de idade. Depois de alimentados apenas com um tipo de alimento, os gatos foram retreinados com o alimento alternado. Neste estudo, Stasiak (2001) demonstrou que o atum foi preferido nas duas etapas do trabalho. Todavia, quando os gatos não foram privados do sabor do alimento durante 6 meses, nenhuma diferença foi notada na atratividade dos sabores. Com isso, os autores concluíram que a privação de diferentes sabores de alimentos pode revelar uma escolha alimentar inata.

Em um estudo realizado por Stasiak e Zernicki (2000), os gatos foram alimentados através de sonda gástrica durante os primeiros 75 dias de vida, e isso teve um efeito prejudicial no desenvolvimento do sistema sensorial. Em outro estudo, Bradshaw et al. (2000) mostraram que os gatos domésticos apresentaram aversão em relação à carne crua, enquanto animais que viviam em fazendas consumiam alimentos duros e secos, e que muitas vezes eram difíceis de ingerir, o que mostrou que o modo de vida e as experiências de alimentação anteriores desempenham um importante papel nas preferências alimentares em gatos adultos.

Considerando o nível de fome, foi constatado que o estado fisiológico da fome afeta o comportamento alimentar nos gatos (PEACHEY; HARPER, 2002). Uma pesquisa relatou que os gatos preferem ingerir alimentos mais palatáveis independentemente do seu nível de fome, contudo, também foi reportado que os gatos consomem a dieta menos palatável dependendo do nível de fome em que se encontram (VAN DEN BOS; MEIJER; SPRUIJT, 2000).

Quanto ao envelhecimento, essa situação pode resultar em uma diminuição significativa nos receptores olfativos, dessa maneira, o envelhecimento também tem sido associado a uma perda concomitante do paladar em gatos. Apesar disso, foi descoberto que o comportamento de alimentação voluntária dos gatos é estável, em resposta ao envelhecimento (TAYLOR; ADAMS; NEVILLE, 1995; BOYCE; SHONE 2006). Nestes casos, alternativas para estimular o consumo incluem: alimentar animais idosos com dietas mais palatáveis, umedecer os alimentos secos adicionando água morna e utilizar alimentos frescos. Essas medidas têm se mostrado eficazes para encorajar gatos idosos com problema de apetite a consumirem uma quantidade satisfatória de alimento para manter o equilíbrio constante de nutrientes (LAFLAMME, 2005).

2.5.2. Fatores relacionados ao alimento

Fatores dietéticos também podem contribuir para a melhora da palatabilidade da dieta e podem ser vistos, resumidamente, na figura 6.

a)



b)

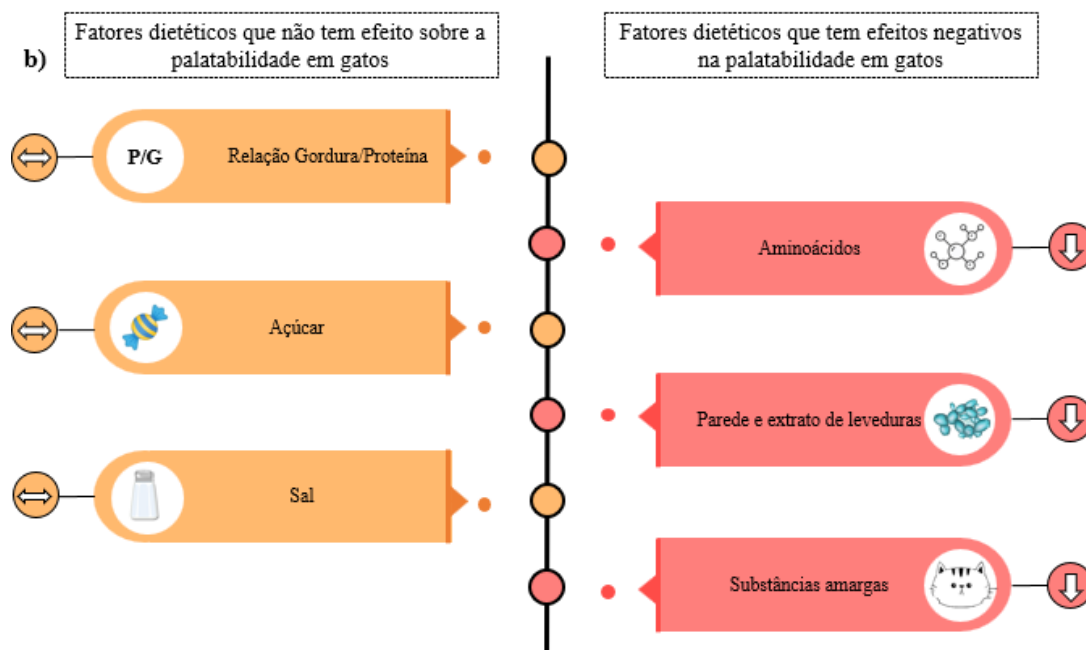


Figura 6: a) Fatores dietéticos que têm efeitos positivos na palatabilidade em gatos.

b) Fatores dietéticos que não têm efeito ou têm efeitos negativos sobre a palatabilidade em gatos.

Fonte: Adaptado de Pekel, Mülazimoglu e Acar, (2020).

Embora os gatos possam consumir alimentos secos ou semiúmidos, eles preferem alimentos úmidos ou enlatados, pois o nível de umidade desses alimentos é muito próximo ao da carne, em torno de 70 a 85% (ZAGHINI; BIAGI, 2005).

Foi reportado que os gatos têm uma importante regulação na ingestão de proteínas e também um limite superior para a ingestão de carboidratos, o que restringe os *déficits* de

proteínas e gorduras quando os alimentos são ricos em carboidratos (HEWSON-HUGHES et al., 2011). Há uma correlação positiva forte entre o nível de proteína do alimento e a sua palatabilidade, especialmente quando são usadas nas formulações proteína de origem animal. As dietas para gatos variam muito em relação as fontes de proteínas e podem ser de origem animal ou vegetal. A soja e seus derivados são as principais fontes de proteína de origem vegetal, no entanto, essas fontes também apresentam baixa palatabilidade, o que limita a inclusão nas rações (REDMON et al., 2016).

Uma prática comum adotada pela indústria *Pet Food* é utilizar alimentos ou aditivos como fígado suíno ou polifosfatos para aumentar a palatabilidade das dietas (ZENTEK; SCHULZ, 2004). Em contrapartida, o tecido de colágeno vem sendo utilizado nos alimentos econômicos como fonte proteica devido ao baixo preço, mas esse também possui uma baixa palatabilidade, ainda mais quando comparado as fontes proteicas de maior valor, como as farinhas de carnes, nestes casos também é necessário a inclusão de ingredientes com propriedades realçadoras de sabor (PABLACH et al., 2017).

Considerando a proporção proteína/gordura, foi demonstrado que os gatos são capazes de regular e equilibrar sua ingestão de proteínas e gorduras, independentemente do sabor, mesmo com diferentes relações entre esses nutrientes, o que contribui para a densidade energética da dieta (HEWSON-HUGHES et al., 2016).

As papilas gustativas dos gatos são inervadas por quatro diferentes nervos na boca (OLIVEIRA et al., 2016), e os receptores do nervo facial reagem a aminoácidos, nucleotídeos, açúcares, etc. Essas reações podem resultar em respostas positivas ou negativas quanto à palatabilidade no sistema central dos gatos (PEKEL; MÜLAZIMOĞLU; ACAR, 2020). Diante disto, foi constatado que os gatos respondem de maneira positiva a aminoácidos como a prolina, cisteína, ornitina, lisina, histidina e alanina, o que resulta na percepção de sabor considerado doce em humanos (BRADSHAW et al., 1996). De maneira contrária, aminoácidos conhecidos pelo sabor amargo, como arginina, isoleucina, fenilalanina e triptofano foram rejeitados pelos gatos, pela resposta negativa aos receptores de sabor no nervo facial (OLIVEIRA et al., 2016).

A gordura é outro componente da dieta que influencia a palatabilidade dos alimentos para gatos, e já é conhecido que à medida que o teor de gordura aumenta, aumenta proporcionalmente a palatabilidade do alimento (DELANEY, 2006). Desta maneira, a dieta rica em gordura pode ajudar a atender às necessidades energéticas dos gatos e, ao mesmo tempo, contribuir com o aumento da palatabilidade.

Em uma pesquisa utilizando registros eletrofisiológicos, Bartoshuk et al. (1971) constataram que a água não era insípida para os gatos. Os autores relataram que embora os gatos fossem indiferentes à sacarose, com adição de pequenas quantidades de cloreto de sódio para suprir o sabor da sacarose, os gatos conseguiram consumir a sacarose. Ainda, foi relatado que os gatos consumiam sacarose ou lactose quando ofertadas diluídos no leite (BEAUCHAMP; MALLER; ROGERS, 1977).

Ao nos referirmos ao sal e aos minerais, já foi reportado que os gatos são insensíveis ao sal, assim como acontece com o açúcar, morfologicamente e fisiologicamente (BRADSHAW, 2006; LI et al., 2006). Com isso, eles não têm apetite por comida salgada assim como a maioria dos mamíferos (PEKEL; MÜLAZIMOĞLU; ACAR, 2020).

Ainda, componentes minerais, incluindo cálcio, tiveram efeitos negativos sobre as preferências alimentares em gatos, ao analisar um banco de dados de 10 anos de testes de preferência alimentar pelo método de duas vasilhas (ALEGRIA-MORÁN et al., 2019).

Quanto a fibras, os gatos tendem a mostrar preferência por alimentos com adição de celulose (HIRSCH et al., 1978). Foi relatado que gatos alimentados com uma dieta contendo 6% de celulose poderiam comer a mesma quantidade de alimento em comparação com a dieta controle (sem celulose). Desta forma, uma diminuição significativa na ingestão de energia foi relatada para gatos alimentados com celulose (PROLA; DOBENECKER; KIENZLE, 2006).

Então, a celulose pode ser usada para limitar a ingestão de energia, especialmente em animais obesos. Alegria-Móran et al. (2019) indicaram que a fibra dietética pode afetar negativamente a preferência alimentar, pois seus resultados geraram uma análise de regressão linear entre a fibra alimentar e a preferência alimentar avaliando um banco de dados de 10 anos.

Outro fator que afeta a palatabilidade dos alimentos é a temperatura e o formato dos *kibbles*, em que já é conhecido que os gatos preferem o alimento seco à temperatura ambiente, e também há tendência em preferir os formatos mais simples de *kibbles* (NRC, 2006).

Por fim, geralmente se nota maior preferência por alimento ácidos, em uma faixa de pH entre 4,5 a 5,5 (THOMBRE, 2004).

2.5.3. Fatores relacionados a estímulos externos

Assim como acontece com demais espécies, os cães e os gatos também possuem capacidades cognitivas que podem ser influenciadas por sua própria experiência ou ambiente social e externo. Para gatos, uma experiência ruim pode resultar em rejeição a longo prazo. (LES GUILLAS et al., 2024).

Finka (2022) confirmou que a frequência de “comportamentos afiliativos” são aumentadas entre os gatos com maior disponibilidade e quantidade de alimento. Com isso, a dominância desempenha um importante papel na hierarquização dos grupos quando os recursos são limitados (CROWELL-DAVIS; CURTIS; KNOWLES, 2004).

O clima e a sazonalidade também podem ter influência no consumo de alimentos (ALEGRÍA-MORÁN et al., 2019; KOKOCINSKA-KUSIAK et al., 2021). O clima e a umidade do ar podem melhorar as habilidades olfativas quando a umidade é aumentada, aumentando a intensidade do odor. Em contrapartida, a umidade reduzida, juntamente com a alta temperatura, pode resultar na desidratação da cavidade nasal, resultando em menor eficiência olfativa (KOKOCINSKA-KUSIAK et al., 2021).

As estações impactam a ingestão de alimentos tanto em cães quanto em gatos. Nas estações mais frias, como outono e inverno, os animais parecem ingerir maiores quantidades de alimento, quando comparado às estações mais quentes como na primavera e no verão (ALEGRÍA-MORÁN et al., 2019).

Foi observado que a ingestão de alimentos começa a diminuir à medida que o peso corporal aumenta, resultando em uma maior ingestão alimentar no outono do que no inverno (ALEGRÍA-MORÁN et al., 2019). Isto pode ser explicado como um ajuste na ingestão calórica para contrabalancear a perda de calor durante as temporadas frias. No entanto, não foi verificado qualquer impacto da sazonalidade na preferência alimentar de qualquer espécie (ALEGRÍA-MORÁN et al., 2019).

Os cães e os gatos possuem características fisiológicas, morfológicas e cognitivas específicas. Características herdadas ou adquiridas ao longo de suas vidas. Somado a isso, suas interações com o ambiente e sua capacidade de socialização, resulta em uma incontável quantidade de fatores que podem influenciar a ingestão alimentar e as preferências, desta forma, os fabricantes de alimentos para estas espécies, precisam considerar tais fatores ao formular, produzir e testar em seus produtos (LES GUILLAS et al., 2024).

2.6. Ingredientes e sua relação com a palatabilidade

Os ingredientes usados para formulação de alimentos para animais de estimação são escolhidos para uma finalidade específica. Os principais interesses dos ingredientes, obviamente são atender às necessidades nutricionais dos animais, apresentar boa digestibilidade e funcionalidade adequada durante o processo de extrusão (LES GUILLAS et al., 2024).

De forma prática, os fabricantes também devem considerar a disponibilidade das matérias-primas e ingredientes, custo e sustentabilidade. Contudo, a palatabilidade desses ingredientes também é considerada para tornar os alimentos atraentes para os animais de estimação (BECQUES et al., 2014; LAFLAMME et al., 2014).

Uma gama diversa de ingredientes pode ser incorporada em alimentos, com fins nutricionais, funcionais ou de palatabilidade. Os aditivos alimentares, além de melhorar a palatabilidade, podem ser usados para fins como limpeza dentária, conferir cor ao alimento, refrescar o hálito dos gatos e até mesmo mascarar odores indesejados aos humanos (PEKEL; MÜLAZIMOĞLU; ACAR, 2020).

Proteínas são geralmente provenientes da carne ou subprodutos da carne (LAFLAMME et al., 2014). Apesar disso, por razões de custo, disponibilidade ou pelo aumento das preocupações em relação ao aquecimento global, fontes alternativas de proteínas já são utilizadas, como vegetais (farelo de glúten de milho, farelo de soja) ou insetos (larvas de mosca soldado negro, larva da farinha amarela, etc.) (GREENBERG, 1981; ALEXANDER et al., 2020). Apesar dessas novas fontes oferecerem possibilidades, também trazem desafios adicionais em relação à palatabilidade.

2.6.1. Fontes de Proteínas

As principais fontes de proteína em alimentos para animais de estimação são de origem animal e abrangem uma variedade de carnes, como carne bovina, aves, cordeiro ou porco, seja em condições cruas ou como subprodutos (LES GUILLAS et al., 2024). Segundo a Federação Europeia da Indústria de Alimentos para Animais de Estimação (FEDIAF), a carne refere-se aos músculos do esqueleto, enquanto os subprodutos são definidos como “corpos inteiros ou partes de animais, produtos de origem animal ou outros produtos obtidos de animais, que não se destinem ao consumo humano”, incluindo órgãos como coração, fígado, pulmões, sangue, carcaças, peles, penas, entre outros (EC, 2009; FEDIAF, 2019).

A palatabilidade destes ingredientes pode depender da espécie animal ou do tipo da carne, por exemplo, músculos, órgãos ou outros subprodutos, e da condição, se foi processado ou não (LES GUILLAS et al., 2024). Samant et al. (2021) em sua revisão, consideram o sabor geral da carne crua desejável para cães e gatos, entretanto, os autores destacam que cães e gatos não exibem preferência por uma espécie específica. Funada et al. (2008) identificaram semelhante aceitação entre farinha de carne e frango para gatos. Isto indica que os gatos aceitariam cada fonte proteica testada de maneira semelhante se ofertadas separadamente.

Mesmo assim, parece haver uma compreensão limitada das preferências que os animais de companhia podem ter por certas espécies de carne em detrimento de outras (WATSON et al., 2023). Essa lacuna pode ser atribuída a fatores como as metodologias usadas para avaliar as preferências, o processo de fabricação, individualidade do animal e suas experiências anteriores (LES GUILLAS et al., 2024).

Alguns trabalhos recentes realizados por Meineri et al. (2021) e Shields (2022) compararam a carne ou frango e seus subprodutos. Em ambos os estudos, pelos testes de preferência com duas vasilhas, encontrou-se uma preferência significativa por refeições de subprodutos em vez de alimentos frescos, com razão de ingestão e primeira escolha de aproximadamente 70% para os ingredientes processados. Meineri et al. (2021) atribuíram essa preferência ao maior teor de gordura e umidade nos *kibbles* quando se utilizou a farinha de subproduto e sua menor temperatura de secagem, o que pode ter interferido na formação do aroma, influenciando assim a primeira escolha e a palatabilidade geral.

Por outro lado, no estudo realizado por Shields (2022), o teor de gordura foi ligeiramente inferior nos subprodutos. O autor ainda destacou que um maior teor de gordura poderia levar a níveis de oxidação lipídica indesejáveis, levantando a hipótese de que o aroma impactava fortemente a palatabilidade.

Dentro do contexto proteínas, a hidrólise, especialmente da carne, através de diferentes métodos, quando utilizada nas dietas pode melhorar o desempenho dos animais por meio de diferentes mecanismos (químicos, enzimáticos ou microbianos) e são estudados por diversos grupos de pesquisa. A hidrólise de proteínas resulta em aminoácidos livres e peptídeos bioativos (HOU et al., 2017). Esses peptídeos bioativos disponíveis exercem uma ampla gama de atividades que afetam a digestão, o sistema imunológico, central e nervoso. Na nutrição animal, os hidrolisados proteicos podem estar na forma seca ou líquida, com uma taxa de aplicação dietética de 1 a 3% como revestimento (NAGODAWITHANA; NELLES; TRIVEDI, 2010), e estão entre os mais populares melhoradores de palatabilidade em alimentos para gatos devido sua alta concentração de peptídeos e o conteúdo em aminoácidos (MARTÍNEZ-ALVAREZ; CHAMORRO; BRENES, 2015).

2.6.2. Fontes de Carboidratos

Plantas como grãos, raízes, legumes e frutas são as principais fontes de carboidratos em alimentos para cães e gatos. Milho, arroz ou aveia são os mais comuns, por serem fontes ricas de amido, que impacta a estrutura dos *kibbles* durante a expansão, dando-lhes a estrutura

porosa característica de *Pet Food* (LAFLAMME et al., 2014; FEDIAF, 2019; ALEXANDER et al., 2020).

Carboidratos são frequentemente associados de forma negativa pelos tutores, por acreditarem que não são digeridos pelos cães e gatos (LAFLAMME et al., 2014). Porém, devemos reforçar que carboidratos são uma importante fonte para a texturização da ração durante o processo de extrusão devido ao seu conteúdo em amido, que uma vez metabolizado, também é uma importante fonte de glicose para o metabolismo celular.

Além disso, carboidratos são fontes de fibra alimentar para uma saúde intestinal adequada e por proporcionar saciedade (LAFLAMME et al., 2014; FEDIAF, 2019; ALEXANDER et al., 2020). Esse macronutriente é uma parte importante da formulação, e representa de 30% a 60% da composição dos alimentos secos para cães e até 35% em alimentos para gatos (CORSATO; ALDRICH, 2020). Portanto, o seu impacto na palatabilidade não deve ser negligenciado.

A fonte de carboidratos terá um impacto significativo nas características do produto final. Koppel; Monteiro e Kalinowski (2013) observaram que alimentos sem grãos para cães eram menos aromáticos do que formulações com adição de grãos, e que apresentaram maior concentração de compostos voláteis, principalmente os aldeídos. A maior concentração de aldeídos em produtos com adição de grãos é correlacionada com um aroma rançoso e foi atribuído aos cereais, pois está comumente presente nesses ingredientes. No entanto, no estudo foi enfatizado que há uma grande complexidade do aroma nos alimentos para cães, o que possivelmente foi influenciado por outros ingredientes, pois todos os produtos avaliados tinham diferentes fontes proteínicas (KOPPEL et al., 2013). Desta forma, são necessários mais estudos para avaliar melhor os efeitos das fontes de carboidratos sobre a palatabilidade em alimentos para cães e gatos (LES GUILLAS et al., 2024).

No entanto, Li et al. (2018) demonstraram que o amido de milho em petiscos assados, era favorecido em relação à farinha de trigo integral e era significativamente mais palatável que a farinha de tapioca, farinha de batata ou farinha de grão-de-bico. A preferência por amidos à base de cereais levanta a hipótese de que seja devido à sua força aromática potencialmente maior, conforme foi descrito por Koppel et al. (2013). Apesar disso, é importante salientar que a ausência de carne nos petiscos e os diferentes processos (cozido ou extrusado) introduzem discrepâncias notáveis entre os estudos.

De Godoy et al. (2013) afirmaram que as fibras dietéticas ganharam interesse crescente na indústria de alimentos para animais de estimação devido ao efeito benéfico na saúde

digestiva, mas informações científicas disponíveis estavam limitadas, especialmente em termos de palatabilidade.

A polpa de beterraba e celulose têm sido frequentemente usadas em alimentos para cães e gatos (GODOY et al., 2013; DONADELLI; DOGAN; ALDRICH, 2020; DONADELLI; DOGAN; ALDRICH, 2021; SOUZA et al., 2022; SOUZA et al., 2023), e novas fontes de fibra dietética são consideradas, devido a seus benefícios nutricionais, mas seu interesse em palatabilidade ainda precisa ser determinado.

Donadelli et al. (2020) e Finet et al. (2021) estudaram a inclusão de *Miscanthus sinensis* como fonte de fibra alimentar e observaram que a sua inclusão teve um limitado impacto no processamento do alimento e nas características físicas, quando incluído em 9% (DANDELLI et al., 2020) ou 10% (FINET et al., 2021), e não afetou a ingestão de alimentos quando comparado com alimento controle e polpa de beterraba ou produtos contendo celulose.

De maneira oposta, a casca de soja parece ter uma maior ingestão alimentar do que os produtos de polpa de beterraba, quando adicionado em conteúdo de fibra dietética total semelhante (DETWEILER et al., 2019).

Vale ressaltar que cada fonte de fibra apresenta composição diferente, especialmente no conteúdo de fibra dietética total, isso pode impactar de forma diferente as características do produto final, o que pode ter induzido proporções de ingestão mais altas ou mais baixas nos estudos apresentados.

Como principais ingredientes dos alimentos secos para animais de estimação, as fontes de carboidratos devem ser cuidadosamente selecionados, pois apesar da origem e taxa de inclusão, o efeito dos carboidratos sobre as propriedades físicas e químicas do produto final podem influenciar significativamente a aceitabilidade ou preferência de cães e gatos. Além disso, eles não apenas afetarão a estrutura e aromatização do alimento, mas também oferecem uma diversa gama de nutrientes essenciais (LES GUILLAS et al., 2024).

2.6.3. Fontes de Lipídeos

Além do valor energético, os lipídios também são importantes por sua composição em ácidos graxos essenciais, e são derivados de ingredientes complexos, como a carne, peixe e plantas oleaginosas, mas também podem ser adicionados separadamente à base de ração após a extrusão.

A extrusão pode afetar negativamente as gorduras e os óleos através do processo oxidativo, por isso, são predominantemente usados para revestimento da ração e com isso maximizar a palatabilidade.

O conteúdo de gordura de um alimento para cães ou gatos pode influenciar a palatabilidade devido à sua densidade energética, uma vez que, tanto os gatos quanto os cães são capazes de adaptar sua ingestão de energia (HALL et al., 2018). Foi demonstrado que os gatos consomem menos de um produto com alto teor de gordura do que de um produto com baixo teor de gordura para atingir a mesma ingestão de energia, quando ambas as dietas são fornecidas separadamente e com palatabilidade semelhante (KANE et al., 1987).

As principais fontes de gordura usadas para revestimento de alimentos secos para animais de estimação são aves, suínos e bovinos. Fournier (2024) comparou 11 tipos de gordura de revestimento das três origens citadas e identificou um efeito significativo de sua origem em alimentos para cães. De acordo com seu trabalho, uma mistura de gordura de suínos e de bovinos seria a escolha mais palatável, enquanto as aves seriam menos palatáveis do que apenas carne de porco. Inal et al. (2020) mostraram maior palatabilidade de óleo de girassol quando comparado a gordura de aves ou sebo bovino no revestimento da ração seca para cães.

Resultados semelhantes foram encontrados para alimentos de gatos. Foi encontrada uma maior preferência pelo óleo de girassol devido sua maior concentração de ácido linoleico, o que levantou a hipótese sobre a importância da composição de ácidos graxos específicos na palatabilidade (INAL et al., 2020).

2.6.4. *Palatabilizantes*

Hidrolisados de animais ou vegetais, na forma líquida ou em pó seco, são usados como palatabilizantes pela indústria de alimentos para cães e gatos, e constituídos por uma mistura de ingredientes hidrolisados, e às vezes são revestidos com precursores de sabor ou outros compostos palatáveis (LES GUILLAS et al., 2024).

Muitas vezes, subprodutos animais não processados, como órgãos, vísceras e gordura compreendem e conferem ao sabor de carne, que quando expostos ao calor, cisalhamento físico, ácidos e/ou enzimas, conforme a hidrólise (química e/ou enzimática), os ingredientes são reduzidos a uma mistura de proteínas ou peptídeos de cadeia curta (ANUAR et al., 2017). Durante a fabricação dos palatabilizantes, uma reação de *Maillard* ocorre e é responsável por sua capacidade de conferir sabor (SAMANTI et al., 2021).

Os palatabilizantes à base de plantas também são uma alternativa sustentável aos produtos digeridos por animais. No entanto, os gatos parecem ser ainda relutantes a tais intensificadores de palatabilidade.

2.6.5. *Plasma*

O plasma seco por pulverização é outro ingrediente rotineiramente adicionado nos alimentos, especialmente na forma de úmidos, devido sua alta retenção de água, e com isso, proporciona uma melhor capacidade de gelificação e emulsificação (RODRÍGUEZ et al., 2016). Ainda, Pólo et al. (2005) relataram maior palatabilidade de dietas com adição de plasma seco por pulverização, quando comparada à dieta contendo glúten de trigo em alimentos para gatos.

2.6.6. *Cloreto de colina e Sal*

Atributos de sabor semelhante ao do sal foram reportados para cloreto de colina, em ratos e humanos. Embora gatos não tenham apetite por sal, a adição de cloreto de colina a 0,3%, demonstrou possuir um sabor semelhante ao sal em outros animais, sendo útil no aumento da palatabilidade e do consumo geral de alimentos (LIN et al., 1997; PEKEL; MÜLAZIMOĞLU; ACAR, 2020).

Até mesmo gatos com depleção de sódio não mostraram preferência por solução de sódio ou água salgada. Os gatos normalmente não demonstram atração por alimentos salgados, então esse atributo o torna inadequado como intensificador de palatabilidade em dietas para gatos. Assim, é necessária uma atenção substancial para proteger gatos de qualquer deficiência de sódio, uma vez que não podem selecionar alimentos com base no seu teor de sódio ou sal (PEKEL; MÜLAZIMOĞLU; ACAR, 2020).

2.6.7. *Leveduras e seus derivados*

Muitos alimentos para cães e gatos utilizam levedura em sua composição, comumente a levedura de cerveja, mas também derivados como extratos de levedura, parede celular, levedura de selênio ou cultura de levedura (BEYNEN, 2019).

A levedura de cerveja é utilizada como potenciador da palatabilidade, pela indústria de alimentos para animais de estimação em todo o mundo. O aumento da palatabilidade com a inclusão da levedura tem sido atribuído à sua alta concentração de ácido glutâmico que confere o sabor umami ou aroma de carne nos alimentos (NAGODAWITHANA, 1992).

Swanson e Fahey (2004) obtiveram um aumento na palatabilidade em dieta para gatos com adição de 1% de levedura. Os mesmos autores também relataram uma diminuição na palatabilidade com a inclusão de 2%. Em outro estudo, os gatos que receberam 0,4% de extrato seco de parede de levedura tiveram significativamente uma menor palatabilidade da dieta em comparação com gatos que receberam uma dieta sem extrato de levedura (AQUINO, et al., 2010).

A preferência por dietas suplementadas com extratos de leveduras pode ser atribuída pela presença de substâncias que intensificam o sabor. Porém, há relatos de que pode haver um efeito negativo na preferência e no consumo após a suplementação com extratos de levedura ou leveduras íntegras (AQUINO et al., 2010; LIMA et al., 2015). Uma hipótese para esses resultados controversos é o limite de suplementação com substâncias que tem sabor umami e contém glutamato monossódico porque o excesso pode reduzir a palatabilidade (HALPERN, 2000).

Shi e Tang (2003) relataram que a temperatura durante o processamento pode modificar certos intensificadores de sabor e diminuir seu efeito, o que afeta o limite de suplementação dos derivados de leveduras. Dessa forma, os diferentes métodos de preparação podem influenciar na composição química final do produto e, conseqüentemente, nos resultados dos testes quanto à palatabilidade.

Outra razão para essas variações se deve à composição química dos extratos de levedura, pois o produto resultante da *lise* celular contém uma alta proporção de aminoácidos essenciais e não essenciais, ribonucleotídeos, minerais, vitaminas, peptídeos e outras substâncias solúveis em água (CHAE; JOO; IN, 2001).

A complexidade do extrato de levedura não se manifesta apenas nos diferentes tipos de macromoléculas e pequenas moléculas que contém, mas também na diversidade do conteúdo de nutrientes. Por exemplo, para extratos de levedura obtidos da mesma matéria-prima, materiais e condições de produção, mas com diferentes tempos de processamento, pode haver grandes diferenças na composição do produto, e para diferentes processos de produção e matérias-primas pode resultar em um produto com diferenças ainda maiores (TAO; YUAN; LIU, 2023). Diante disso, a ideal taxa de inclusão de levedura deve ser alcançada através de testes sob diferentes condições.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABINPET - Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. O setor Pet e seus números. 2024. Disponível em: <https://abinpet.org.br/informacoes-gerais-do-setor/>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- ACUFF, H. L. et al. Sustainability and pet food: Is there a role for veterinarians? **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 51, p. 563–581, 2021.
- AFB INTERNATIONAL. **Understanding the Drivers for Palatability: From Basic Science to Complex Product Systems**. 2020. Disponível em: <https://afbinternational.com/downloads/understanding-the-drivers-for-palatability/>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- ALDRICH, G.; KOPPEL, K. Pet food palatability evaluation: A review of standard assay techniques and interpretation of results with a primary focus on limitations. **Animals**, v. 5, p. 43–55, 2015.
- ALEGRÍA-MORÁN, R. A. et al. Food preferences in cats: Effect of dietary composition and intrinsic variables on diet selection. **Animals**, v. 9, p. 372, 2019.
- ALEXANDER, P. et al. The global environmental paw print of pet food. **Global Environmental Change**, v. 65, 102153, 2020.
- ANUAR, M. A. K. et al. A review: Conversion of chicken viscera into protein hydrolysate for palatant production. **Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences**, v. 13, p. 606–611, 2017.
- AQUINO, A. A. et al. Effects of spray-dried yeast cell wall on digestibility, score of faeces, and palatability of diets for cats. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 622–630, 2010.
- ARAUJO, J. A.; MILGRAM, N. W. A novel cognitive palatability assessment protocol for dogs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2200–2206, 2004.
- AUVRAY, M.; SPENCE, C. The multisensory perception of flavor. **Consciousness and Cognition**, v. 17, p. 1016–1031, 2008.
- BARTOSHUK, L. H. et al. Taste of water in the cat: effects on sucrose preference. **Science**, v. 171, p. 699–701, 1971.
- BEAUCHAMP, G. K.; MALLER, O.; ROGERS, J. G. Flavor preferences in cats (*Felis catus* and *Panthera sp.*). **Journal of Comparative Physiology and Psychology**, v. 91, p. 1118–1127, 1977.
- BECQUES, A. et al. Behaviour in order to evaluate the palatability of pet food in domestic cats. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 159, p. 55–61, 2014.
- BEYNEN, A. C. MOS in dog food. **Creature Companion**, p. 40–41, 2019.

- BOS, E. et al. Determining the protocol requirements of in-home cat food digestibility testing. *Frontiers Veterinary Science*, v. 10, 2023.
- BOS, E. et al. Determining the protocol requirements of in-home dog food digestibility testing. **British Journal of Nutrition**, p. 1–10, 2022.
- BOUDREAU, J. C. Chemical stimulus determinants of cat neural taste responses to meats. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 54, p. 464–466, 1977.
- BOUDREAU, J. C. et al. Neurophysiology of geniculate ganglion (Facial nerve) taste systems: species comparisons. **Chemical Senses**, v. 10, p. 89–127, 1985.
- BOUDREAU, J. C.; ALEV, N. Classification of chemoresponsive tongue units of the cat geniculate ganglion. **Brain Research**, v. 54, p. 157–175, 1973.
- BOYCE, J.; SHONE, G. Effects of ageing on smell and taste. **Postgraduate Medical Journal**, v. 82, p. 239–241, 2006.
- BRADSHAW, J. W. S. et al. Differences in food preferences between individuals and populations of domestic cats *Felis silvestris catus*. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 68, p. 257–268, 2000.
- BRADSHAW, J. W. S. et al. Food selection by the domestic cat, an obligate carnivore. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 114, p. 205–209, 1996.
- BRADSHAW, J. W. S. Sensory and experiential factors in the design of foods for domestic dogs and cats. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 50, p. 99–106, 1991.
- BRADSHAW, J. W. S. The evolutionary basis for the feeding behavior of domestic dogs (*Canis familiaris*) and cats (*Felis catus*). **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 1927S–1931S, 2006.
- CASE, L. P. et al. Canine and Feline Nutrition-E-Book: **A Resource for Companion Animal Professionals**. St. Louis, MO: Elsevier Health Sciences, 2010.
- CHAE, H. J.; JOO, H.; IN, M. J. Utilization of brewer's yeast cells for the production of food-grade yeast extract. Part 1: Effects of different enzymatic treatments on solid and protein recovery and flavor characteristics. **Bioresource Technology**, v. 76, p. 253–258, 2001.
- CHANADANG, S.; KOPPEL, K.; ALDRICH, G. The impact of rendered protein meal oxidation level on shelf-life, sensory characteristics, and acceptability in extruded pet food. **Animals**, v. 6, p. 44, 2016.
- CHEN, J. et al. Freshness evaluation of three kinds of meats based on the electronic nose. **Sensors**, v. 19, n. 3, p. 605, 2019.
- CHUNG, B. S. et al. Sectioned images of a cat head to contribute to learning of its sectional anatomy. **The International Journal of Morphology**, v. 36, p. 537–543, 2018.
- CORSATO ALVARENGA, I.; ALDRICH, G. Starch characterization of commercial extruded dry pet foods. **Translational Animal Science**, v. 4, p. 1017–1022, 2020.

- CROWELL-DAVIS, S. L.; CURTIS, T. M.; KNOWLES, R. J. Social organization in the cat: A modern understanding. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v. 6, p. 19–28, 2004.
- DAL-FARRA, R. A. Representações de animais de companhia na cultura contemporânea: uma análise na mídia impressa. **Semiosfera**, v. 3, n. 7, 2003.
- DAVIES, R. O.; KARE, M. R.; CAGAN, R. H. Distribution of taste buds on fungiform and circumvallate papillae of bovine tongue. **The Anatomical Record**, v. 195, p. 443–446, 1979.
- DE GODOY, M. R. C. et al. Alternative dietary fiber sources in companion animal nutrition. **Nutrients**, v. 5, p. 3099–3117, 2013.
- DELANEY, S. J. Management of anorexia in dogs and cats. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 36, p. 1243–1249, 2006.
- DETWEILER, K. B. et al. Extruded feline diets formulated with high inclusion of soybean hulls: Effects on apparent total tract macronutrient digestibility, and fecal quality and metabolites. **Journal of Animal Science**, v. 97, p. 1042–1051, 2019.
- DI DONFRANCESCO, B. et al. Consumer acceptance of dry dog food variations. **Animals**, v. 4, p. 313–330, 2014.
- DI DONFRANCESCO, B.; KOPPEL, K. Sensory characteristics and volatile components of dry dog foods manufactured with sorghum fractions. **Molecules**, v. 22, p. 1012, 2017.
- DI DONFRANCESCO, B.; KOPPEL, K.; CHAMBERS I. V, E. An initial lexicon for sensory properties of dry dog food. **Journal of Sensory Studies**, v. 27, p. 498–510, 2012.
- DI ROSA, A. R. et al. Fusion of electronic nose, electronic tongue and computer vision for animal source food authentication and quality assessment—A review. **Journal of Food Engineering**, v. 210, p. 62–75, 2017.
- DONADELLI, R. A.; DOGAN, H.; ALDRICH, G. The effects of fiber source on extrusion processing parameters and kibble characteristics of dry cat foods. **Translational Animal Science**, v. 4, p. 185, 2020.
- DONADELLI, R. A.; DOGAN, H.; ALDRICH, G. The effects of fiber source on extrusion parameters and kibble structure of dry dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, v. 274, p. 114884, 2021.
- DONG, W. et al. Comparative evaluation of the volatile profiles and taste properties of roasted coffee beans as affected by drying method and detected by electronic nose, electronic tongue, and HS-SPME-GC-MS. **Food Chemistry**, v. 272, p. 723–731, 2019.
- DOVING, K. B.; TROTIER, D. Structure and function of the vomeronasal organ. 1998.
- EC - UNION, E. Regulation nº 1069/2009 (Animal by-Products Regulation). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1069/oj>. Acesso em: 9 ago. 2024.

FEDIAF - THE EUROPEAN PET FOOD INDUSTRY. Code of Good Labelling Practice for Pet Food. Disponível em: https://europeanpetfood.org/wp-content/uploads/2022/02/FEDIAF_labeling_code_2019_onlineOctober2019.pdf. Acesso em: 9 ago. 2024.

FÉLIX, A. N.; OLIVEIRA, S. G.; MAIORCA, A. **Fatores que interferem no consumo de alimentos em cães e gatos**. In: Consumo e preferência alimentar dos animais domésticos. 1. ed. Londrina: Phytobiotics Brasil, 2010.

FINET, S. E. et al. Miscanthus grass as a novel functional fiber source in extruded feline diets. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 668288, 2021.

FINKA, L. R. Conspecific and human sociality in the domestic cat: Consideration of proximate mechanisms, human selection and implications for cat welfare. **Animals**, v. 12, p. 298, 2022.

FOURNIER, M. Scientific Release: Impact of Kibble Formulation on Palatability. Disponível em: <https://petfood.symrise.com/emea-fr/publications/impact-of-kibble-formulation-on-palatability/#downloadpublication>. Acesso em: 9 ago. 2024.

FRÉMONT, G. Identification of key aroma compounds for cat and dog palatability. In: SPF'S IInd AMERICA LATINA SYMPOSIUM. **Proceedings of Spécialités Pet Food**, p. 32-35, 2007.

GANCHROW, J. R.; GANCHROW, D. Taste bud development in chickens (*Gallus gallus domesticus*). **The Anatomical Record**, v. 218, p. 88–93, 1987.

GREENBERG, M. J. Characterization of poultry by-product meal flavor volatiles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 29, p. 831–834, 1981.

GRIFFIN, R. W. Palatability testing methods: **Parameters and analyses that influence test conditions**. In: KVAMME, J.; PHILLIPS, T. (Eds.). Petfood Technology. Mt. Morris, IL: Watt Publishing Co., 2003. v. 1, p. 187–193.

GRIFFIN, R. W.; SCOTT, G. C.; CANTE, C. J. Food preferences of dogs housed in testing-kennels and in consumers' homes: Some comparisons. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 8, p. 253–259, 1984.

HALL, J. A. et al. When fed foods with similar palatability, healthy adult dogs and cats choose different macronutrient compositions. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, p. 173450, 2018.

HALPERN, B. P. Glutamate and the flavor of food. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 910–914, 2000.

HAMPER, B. A. et al. Effects of early experience on food acceptance in a colony of adult research cats: a preliminary study. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 7, p. 27–32, 2012.

HENDRIKS, W. H. Palatability: A key factor in the design of pet foods. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 32, n. 3, p. 683-696, 2002.

HEWSON-HUGHES, A. K. et al. Balancing macronutrient intake in a mammalian carnivore: disentangling the influences of flavor and nutrition. **Royal Society Open Science**, v. 3, 2016.

HEWSON-HUGHES, A. K. et al. Geometric analysis of macronutrient selection in the adult domestic cat, *Felis catus*. **Journal of Experimental Biology**, v. 214, p. 1039–1051, 2011.

HIRSCH, E.; DUBOS, C.; JACOBS, H. L. Dietary control of food intake in cats. **Physiology and Behavior**, v. 20, p. 287–295, 1978.

HOLT, D. A.; ALDRICH, C. G. Evaluation of *Torula* yeast as a protein source in extruded feline diets. **Journal of Animal Science**, v. 100, p. 1–12, 2022.

HULLAR, I.; FEKETE, S.; ANDRAȘOFSZKY, E. Factors influencing the food preference of cats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 85, p. 205–211, 2001.

INAL, F. et al. Determination of fat preferences of adult dogs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 44, p. 481–486, 2020.

JEONG, Y. et al. Evaluation of the Chemosensory Properties of Commercially Available Dog Foods Using Electronic Sensors and GC-MS/O Analysis. **Molecules**, v. 28, p. 5509, 2023.

KANE, E. et al. Diurnal feeding and drinking patterns of adult cats as affected by changes in the level of fat in the diet. **Appetite**, v. 9, p. 89–98, 1987.

KODOGIANNIS, V. S. A rapid detection of meat spoilage using an electronic nose and fuzzy-wavelet systems. **Lecture Notes in Network and Systems**, 2018.

KOKOCINSKA-KUSIAK, A. et al. Canine olfaction: Physiology, behavior, and possibilities for practical applications. **Animals**, v. 11, p. 2463, 2021.

KOPPEL, K. Consumer sensory cues in pet food selection. **Scientific Journal of Animal Science**, v. 98, p. 66–67, 2020.

KOPPEL, K. et al. The effects of fiber inclusion on pet food sensory characteristics and palatability. **Animals**, v. 5, p. 110–125, 2015.

KOPPEL, K. Sensory analysis of pet foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 2148–2153, 2014.

KOPPEL, K.; ADHIKARI, K.; DI DONFRANCESCO, B. Volatile compounds in dry dog foods and their influence on sensory aromatic profile. **Molecules**, v. 18, p. 2646–2662, 2013.

KOPPEL, K.; MONTEIRO, M.; KALINOWSKI, H. Factors influencing palatability in dogs and cats and their role in the selection of pet food: A review. **Animals**, v. 3, n. 3, p. 547–572, 2013.

KUMAR, R.; GOSWAMI, M. Exploring palatability in pet food: assessment methods and influential factors. **International Journal of Livestock Research**, v. 14, n. 4, p. 7–11, 2024.

KVAMME, J. L. What is palatability? In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. **Petfood technology**. Illinois: Watt Publishing, 2003. p. 176-177.

LAFFITTE, A. et al. Kokumi taste perception is functional in a model carnivore, the domestic cat (*Felis catus*). **Scientific Reports**, v. 11, p. 10527, 2021.

LAFLAMME, D. et al. Myths and misperceptions about ingredients used in commercial pet foods. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 44, p. 689–698, 2014.

LAFLAMME, D. P. Nutrition for aging cats and dogs and the importance of body condition. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 35, p. 713–742, 2005.

LAROSE, C. Criteria to assure reliability of palatability tests. **PETS International Magazine**, August, p. 14–15, 2003.

LEMA A. K. A.; KOPPEL, K.; ALDRICH, G. Sensory attributes, dog preference ranking, and oxidation rate evaluation of sorghum-based baked treats supplemented with soluble animal proteins. **Journal of Animal Science**, v. 100, p. 1–12, 2022.

LES GUILLAS, F. et al. Insights to Study, Understand and Manage Extruded Dry Pet Food Palatability. **Animals**, v. 14, p. 1095, 2024.

LI, F. Taste perception: from the tongue to the testis. **Molecular Human Reproduction**, v. 19, p. 349–360, 2013.

LI, H. et al. Preference ranking procedure proposal for dogs: A preliminary study. **Journal of Sensory Studies**, v. 33, e12307, 2018.

LI, X. et al. Cats lack a sweet taste receptor. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 1932S–1934S, 2006.

LIMA, L. M. et al. Evaluation of raw yeast extract (*Saccharomyces cerevisiae*) as an ingredient, additive or palatability agent in wet diet for cats. **International Journal of Biology**, v. 8, p. 1–8, 2015.

LIN, C. F. et al. Inventores. **Pet food composition of improved palatability and a method of enhancing the palatability of a food composition**. United States Patent, US, 5,690,988, 1997.

MARSHALL, S.; PRATO, E.; VALSECCHI, P. Are dogs (*Canis familiaris*) misled more by their owners than by strangers in a food choice task? **Animal Cognition**, v. 14, p. 137–142, 2011.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; CHAMORRO, S.; BRENES, A. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: a review. **Food Research International**, v. 73, p. 204–212, 2015.

MARUYAMA, Y. et al. Kokumi substances, enhancers of basic tastes, induce responses in calcium-sensing receptor expressing taste cells. **PLoS ONE**, v. 7, e34489, 2012.

MATASSA, S. et al. Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint. **Microbial Biotechnology**, v. 9, p. 568–575, 2016.

MAZON, M.; MOURA, W. Cachorros e humanos: mercado de rações pet em perspectiva sociológica. **Civitas - Revista de Ciências Sociais**, v. 17, n. 1, p. 138–158, 2017.

MEINER, G. et al. Effects of “fresh mechanically deboned meat” inclusion on nutritional value, palatability, shelf-life microbiological risk and digestibility in dry dog food. **PLoS ONE**, v. 16, e0250351, 2021.

NAGODAWITHANA, T. W.; NELLES, L.; TRIVEDI, N. B. Protein hydrolysates as hypoallergenic, flavors and palatants for companion animals. In: PASUPULETI, V. K.; DEMAIN, A. L. (Ed.). **Protein hydrolysates in biotechnology**. Dordrecht: Springer, 2010.

NAGODAWITHANA, T. Yeast-derived flavors and flavor enhancers and their probable mode of action. **Food Technology**, v. 11, p. 138–144, 1992.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2006.

OHSU, T. et al. Involvement of the calcium-sensing receptor in human taste perception. **Journal of Biological Chemistry**, v. 285, p. 1016–1022, 2010.

OLIVEIRA, R. et al. Palatability of cat food with sodium pyrophosphate and yeast extract. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, p. 2202–2205, 2016.

PABLACK, N. et al. Impact of dietary protein concentration and quality on immune function of cats. **PLoS ONE**, v. 12, e0169822, 2017.

PADODARA, R. J.; JACOB, N. Olfactory sense in different animals. **Indian Journal of Veterinary Science**, v. 2, p. 1–14, 2014.

PAPES, F. et al. The vomeronasal organ mediates interspecies defensive behaviors through detection of protein pheromone homologs. **Cell Reports**, v. 14, p. 692–703, 2010.

PEACHEY, S. E.; HARPER, E. J. Aging does not influence feeding behaviour in cats. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 1735S–1739S, 2002.

PEKEL, A. Y.; MÜLAZIMOĞLU, S. B.; ACAR, N. Taste preferences and diet palatability in cats. **Journal of Applied Animal Research**, v. 48, n. 1, p. 281–292, 2020.

PÓLO, J. et al. Functional properties of spray-dried animal plasma in canned pet food. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, p. 331–343, 2005.

PROLA, L.; DOBENECKER, B.; KIENZLE, E. Interaction between dietary cellulose content and food intake in cats. **Journal of Nutrition**, v. 136, Suppl. 7, p. 1988S–1990S, 2006.

RAWSON, N. E. **Flavor chemistry: has genomic given us a new approach?** In: PET FOOD FORUM, 2004. Proceedings of Watt Publishing Co: Chicago, Illinois, p. 290-308, 2004.

REDMON, J. M. et al. Soy isoflavone metabolism in cats compared with other species: urinary metabolite concentrations and glucuronidation by liver microsomes. **Xenobiotica**, v. 46, p. 406–415, 2016.

REILLY, L. M. et al. Use of precision-fed cecectomized rooster assay and digestible indispensable amino acid scores to characterize plant- and yeast-concentrated proteins for inclusion in canine and feline diets. **Translational Animal Science**, v. 4, 2020.

RHYU, M. R. et al. Kokumi taste active peptides modulate salt and umami taste. **Nutrients**, v. 12, p. 1198, 2020.

RICKERT, D. K. **What constitutes palatability?** In: PET FOOD FORUM, 1995. Proceedings of Watt publishing Co: Chicago, Illinois, p. 5-11, 1995.

ROBINSON, P. P.; WINKLES, P. A. Quantitative study of fungiform papillae and taste buds on the cat's tongue. **The Anatomical Record**, v. 226, p. 108–111, 1990.

RODRÍGUEZ, C. et al. Effect of spray-dried plasma on food intake and apparent nutrient digestibility by cats when added to a wet pet food recipe. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 243–250, 2016.

ROGUES, J. et al. **Sensory evaluation of pet food products.** In: PENSÉ-LHÉRITIER, A.-M.; BACLE, I.; DELARUE, J. (Eds.). Nonfood Sensory Practices. Sawston, UK: Woodhead Publishing, 2022. p. 313–329.

SALAUN, F. et al. Impact of macronutrient composition and palatability in wet diets on food selection in cats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, p. 320–328, 2016.

SALAZAR, I. et al. The vomeronasal organ of the cat. **Journal of Anatomy**, v. 188, p. 445–454, 1996.

SAMANT, S. S. et al. Dry Pet Food Flavor Enhancers and Their Impact on Palatability: A Review. **Foods**, v. 10, p. 2599, 2021.

SCHLOSSARECK, C.; ROSS, C. F. Electronic tongue and consumer sensory evaluation of spicy paneer cheese. **Journal of Food Science**, v. 84, n. 6, p.1563-1569, 2019.

SHI, Z.; TANG, G. **Development of palatants for canned pet foods.** In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. Petfood technology. Illinois: Watt, 2003. p. 180–182.

SHIELDS, C. J. **Impact of Chicken Proteins on Canine Preference as Measured Using Sensory Analysis.** Manhattan, KS, USA: Kansas State University, 2022.

- SOUZA, C. M. et al. Fine cassava fibre utilization as a dietary fibre source for dogs: Effects on kibble characteristics, diet digestibility and palatability, faecal metabolites and microbiota. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 107, p. 18–29, 2023.
- SOUZA, C. M. M. et al. Effects of different levels of cassava fibre and traditional fibre sources on extrusion, kibble characteristics, and palatability of dog diets. **Italian Journal of Animal Science**, v. 21, p. 764–770, 2022.
- SPILLER, M. et al. Environmental impact of microbial protein from potato wastewater as feed ingredient: Comparative consequential life cycle assessment of three production systems and soybean meal. **Water Research**, v. 171, p. 115406, 2020.
- STASIAK, M. The effect of early specific feeding on food conditioning in cats. **Developmental Psychobiology**, v. 39, p. 207–215, 2001.
- STASIAK, M.; ZERNICKI, B. Food conditioning is impaired in cats deprived of the taste of food in early life. **Neuroscience Letters**, v. 279, p. 190–192, 2000.
- SWANSON, K. S. et al. Nutritional sustainability of pet foods. **Advances in Nutrition**, v. 4, p. 141–150, 2013.
- SWANSON, K. S.; FAHEY, G. C. **The role of yeasts in companion animal nutrition**. In: LYONS, T. P.; JACQUES, K. A. (Ed.). *Nutritional biotechnology in the feed and food industries*. Nottingham University Press, 2004. p. 475–484.
- TAN, J.; KERR, W. L. Characterizing cocoa refining by electronic nose using a Kernel distribution model. **Food Science and Technology**, v. 104, p. 1–7, 2019.
- TAN, J.; XU, J. Applications of electronic nose (e-nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 104–115, 2020.
- TAO, Z.; YUAN, H.; LIU, M. Yeast extract: Characteristics, production, applications, and future perspectives. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, p. 151–166, 2023.
- TAYLOR, E. J.; ADAMS, C.; NEVILLE, R. Some nutritional aspects of ageing in dogs and cats. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 54, p. 645–656, 1995.
- TERENTEVA, E. A. et al. Simple and rapid method for screening of pyrophosphate using 6,6-ionene-stabilized gold and silver nanoparticles. **Sensors and Actuators B**, v. 241, p. 390–397, 2017.
- THOMBRE, A. G. Oral delivery of medications to companion animals: Palatability considerations. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 56, p. 1399–1413, 2004.
- TOBIE, C.; PÉRON, F.; LAROSE, C. Assessing food preferences in dogs and cats: A review of the current methods. **Animals**, v. 5, p. 126–137, 2015.
- TRIVEDI, N.; BENNING, J. Total palatability. The triangle of success: Ingredients, processing and palatants. **Petfood Industry**, May/June, p. 12–14, 1999.

VAN DEN BOS, R.; MEIJER, M. K.; SPRUIJT, B. M. Taste reactivity patterns in domestic cats (*Felis silvestris catus*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 69, p. 149–168, 2000.

WATSON, P. E. et al. Drivers of palatability for cats and dogs—What it means for pet food development. **Animals**, v. 13, p. 1134, 2023.

WEBER, M. P.; BIOURGE, V. C.; NGUYEN, P. G. Digestive sensitivity varies according to size of dogs: a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, p. 1–9, 2017.

WHITE, T. D.; BOUDREAU, J. C. Taste preferences of the cat for neurophysiologically active compounds. **Physiological Psychology**, v. 3, p. 405–410, 1975.

WU, X. et al. Quantification of bitterness of coffee in the presence of high-potency sweeteners using taste sensors. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 309, 2020.

XU, J. et al. The response of canine faecal microbiota to increased dietary protein is influenced by body condition. **BMC Veterinary Research**, v. 13, p. 1, 2017.

YABIKU, R. M. Animais de estimação: lucros estimados. **Revista Cães e Gatos**, 2005.

YANG, X. et al. Discriminant research for identifying aromas of non-fermented Pu-erh tea from different storage years using an electronic nose. **Journal of Food Process**, 2018.

ZAGHINI, G.; BIAGI, G. Nutritional peculiarities and diet palatability in the cat. **Veterinary Research Communications**, v. 29, Suppl. 2, p. 39–44, 2005.

ZENTEK, J.; SCHULZ, A. Urinary composition of cats is affected by the source of dietary protein. **Journal of Nutrition**, v. 134, p. 2162S–2165S, 2004.

4. OBJETIVOS GERAIS

Analisar a viabilidade do método *in home* para a realização de testes de palatabilidade e avaliar os aspectos sensoriais de extratos de leveduras sobre a preferência alimentar de gatos domésticos a fim de desenvolver protocolos confiáveis e aplicáveis em contextos domiciliares.

CAPÍTULO II

QUALIFICAÇÃO DE GATOS PARA ENSAIOS DE PREFERÊNCIA ALIMENTAR PELO MÉTODO DAS DUAS VASILHAS: IMPORTÂNCIA DO COMPORTAMENTO E MANUTENÇÃO DE UM HISTÓRICO DE RESULTADOS

Artigo redigido conforme as normas da revista *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*.

Qualificação de gatos para ensaios de preferência alimentar pelo método das duas vasilhas: importância do comportamento e manutenção de um histórico de resultados

Ingrid Caroline da Silva^{1*}, Bruna Aparecida Moreira da Silva¹, Josiane Aparecida Volpato¹, Shirley de Souza¹, Stéfane Lele Rossoni², Ricardo Souza Vasconcellos¹

¹Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Paraná, Brasil.

²Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Estatística, Paraná, Brasil.

*Autor correspondente: Tel: +55 (42)9 994-8499; EM: ingrid_caroline95@hotmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar as características individuais de gatos, que afetam os resultados dos testes de palatabilidade com extratos de leveduras. O banco de dados inclui informações sobre primeiro olfato e primeiro paladar, alimentos testados A e B, razão de ingestão de A e B, escore de comportamento, gênero e idade. O escore de comportamento foi baseado em uma pontuação final, classificada em uma escala de 0 a 3, em que 0 indica “ausência” e 3 indica “presença”. Para análise estatística, foram criados *rankings* para conformidade dos gatos nos testes. Para identificar os efeitos das características físicas e comportamentais, foi considerado o modelo de regressão linear. Ao considerarmos o critério palatabilidade, 8 gatos estiveram em conformidade com a maioria dos testes, em mais de 75% das vezes, e 29 gatos em conformidade com a maioria dos testes em mais de 50% das vezes. Através do modelo de regressão linear, identificamos que as características de gênero e idade do gato não foram capazes de influenciar nos resultados, a um nível de 5% de significância, em contrapartida, o escore de comportamento foi significativo. Ao avaliarmos a conformidade entre a RI e o escore de comportamento, constatou-se que 7 gatos estão em conformidade com os testes de palatabilidade em mais de 75% das vezes, e apenas 7 deles estão em conformidade nos testes com menos de 50%. Com base nesses achados, concluímos que a maioria dos gatos conseguem discriminar pequenas alterações de odor e sabor nos alimentos extrusados, e que as características individuais como idade e gênero não influenciam em seus resultados nos testes de palatabilidade, no entanto, características comportamentais tem influência, resultando em melhores desempenhos.

Palavras-chave Aceitação · Comportamento · Treinados · Variabilidade.

Abstract: This study aimed to evaluate the individual characteristics of domestic cats that influence the outcomes of palatability tests involving yeast extracts. The database includes information on first sniff taste responses, test foods A and B, intake ratio of A and B, behavior score, gender and age. The behavior score was based on a final rating classified on a scale of 0 to 3, where 0 indicates “absence” and 3 indicates “presence”. For statistical analysis, rankings were created to assess the consistency of cats in the tests. A linear regression model was applied to identify the effects of physical and behavioral traits. Based on the palatability criterion, 8 cats were consistent in the majority of tests in more than 75% of instances, and 29 cats showed consistency in more than 50% of the tests. The linear regression model revealed that gender and age did not significantly influence the results, at a 5% significance level. In contrast, the behavior score was statistically significant. When evaluating the consistency between the intake ratio and the behavior score, it was found that 7 cats were in consistent in more than 75% of palatability tests, while only 7 of them were consistent in fewer than 50% of the tests. Based on

these findings, we conclude that most cats are capable of detecting subtle changes in odor and flavor in extruded foods. While individual characteristics such as age and gender do not affect performance in palatability tests, behavioral traits do influence outcomes, resulting in better performances.

Keywords Acceptance · Behavior · Trained · Variability

Introdução

A indústria de *Pet Food* teve um crescimento expressivo, impulsionado pela crescente humanização dos animais de estimação e pela demanda dos tutores por produtos que ofereçam não apenas qualidade nutricional, mas também uma experiência sensorial prazerosa para seus *pets*. Além da nutrição básica, os tutores buscam alimentos que proporcionem benefícios adicionais à saúde, o que tem levado ao aumento da oferta de alimentos funcionais, uma tendência já consolidada no setor de alimentos para humanos (Maturana et al., 2023).

Nesse contexto, a palatabilidade dos alimentos para animais de estimação tem se tornado um dos principais fatores que determinam o sucesso comercial das formulações, pois a aceitação dos alimentos pelos *pets* está diretamente relacionada a suas características sensoriais, como sabor, odor, textura e aparência. Avaliar a palatabilidade é uma tarefa complexa, já que é influenciada por uma série de fatores interligados que moldam as preferências alimentares e os comportamentos de consumo dos animais. Compreender esses fatores é essencial para desvendar as diferenças na aceitação e preferência alimentar e, consequentemente, otimizar as formulações dos alimentos (Kumar; Goswami, 2024).

As propriedades dos alimentos são frequentemente definidas pela atratividade do seu sabor e são compreendidas não somente pela caracterização sensorial dos alimentos, como odor, sabor e aspectos físicos, químicos e emocionais subjetivos de consumo, mas também por meio dos efeitos nutricionais e fisiológicos pós-ingestão (Tobie et al., 2015). A palatabilidade é relacionada com a rapidez com que um alimento é aceito e medida em termos de sua atratividade e consumo. No entanto, entender a preferência dos animais não é tão simples, por se tratar de uma avaliação multifatorial e essencial para o desenvolvimento de alimentos, petiscos e até mesmo medicamentos orais.

Um dos aspectos cruciais na avaliação dos alimentos é o histórico alimentar, que tem um impacto profundo na palatabilidade, em que, experiências alimentares anteriores podem influenciar as preferências e os comportamentos de consumo, especialmente em gatos. A familiaridade com determinadas formulações tende a aumentar a aceitação, enquanto alimentos

novos podem ser recebidos com desconfiança ou até mesmo rejeição inicial (Kumar; Goswami, 2024).

É essencial reconhecer que cães e gatos possuem características fisiológicas, morfológicas e cognitivas únicas, herdadas ou adquiridas ao longo da vida. Essas características, combinadas com as interações, com o ambiente e com sua capacidade de socialização, formam um conjunto de fatores complexos que influenciam a ingestão alimentar e as preferências, e com isso, os fabricantes de alimentos para animais devem considerar esses fatores ao formular, produzir e testar seus produtos (Le Guillas et al., 2024).

As preferências individuais dos gatos em testes de palatabilidade devem ser ponderadas, já que esses fatores podem influenciar diretamente nos resultados obtidos. Avaliar essas características permite um entendimento mais profundo das preferências alimentares e a seleção de animais mais aptos aos ensaios de palatabilidade. (Aldrich; Koppel, 2015). Esta seleção constitui painéis de animais treinados e mais sensíveis às pequenas diferenças na escolha de alimentos semelhantes entre si, o que pode não ser percebido por animais não treinados. Os painéis de animais treinados são muito importantes, especialmente no desenvolvimento de alimentos para animais mais exigentes, tais como gatos e cães de pequeno porte.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar as características individuais dos gatos como a repetibilidade em testes de preferência alimentar, gênero, idade, e comportamento que afetam diretamente os resultados dos testes de palatabilidade com extratos de leveduras.

Material e Métodos

Todos os testes de palatabilidade que originaram os dados utilizados nesse estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (UEM/Paraná/Brasil) (protocolo nº 9899170724).

Os testes de palatabilidade foram realizados no gatil do Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Felinos Domésticos, localizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI/UEM).

Banco de Dados

Foram utilizados 1721 dados de testes palatabilidade realizados no Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Felinos Domésticos, localizado na Fazenda Experimental de Iguatemi, Iguatemi, Paraná, Brasil. Os testes foram realizados com extratos de levedura, entre os anos de 2021 a 2023, sendo observações de gatos adultos (n=41), machos (n=26) e fêmeas

(n=15), castrados e vermifugados, com idade entre 4 e 9 anos e peso corporal de $4,39 \pm 0,13$ kg.

O banco de dados de testes de preferência alimentar pelo método das duas vasilhas incluía informações sobre o confronto realizado, primeira escolha olfativa (primeiro alimento a ser cheirado) e primeira escolha gustativa (primeiro alimento a ser consumido), razão de ingestão (RI) de A e B e escore de comportamento, gênero e idade.

Para avaliar o escore de comportamento de cada gato foi necessária a elaboração de uma escala, com características comportamentais e suas respectivas pontuações (Anexo I). Os escores de cada avaliação do comportamento foram baseados em uma pontuação final, em que, para determinação, foram consideradas as variáveis “Agressão em relação a pessoas”, “Agressão em relação a outros animais”, “Ansiedade ou medo”, “Vocalização excessiva”, “Inquietação”, “Distante e independente”, “Carinhoso com humanos”, “Interação com outros animais” e “Nível de atividade”, classificadas em uma escala de 0 a 3, em que 0 indica “ausência”, 1 indica “presente, mas não predominante”, 2 indica “presente de forma moderada” e 3 indica “presente de forma acentuada”.

Para as variáveis “Carinhoso com humanos”, “Interação com outros animais” e “Nível de atividade”, a pontuação atribuída quando maior, é melhor o comportamento. Nas demais variáveis, por se tratarem de comportamentos indesejáveis, fez-se a inversão das notas, em que a nota que seria 0 recebeu a pontuação 3, a nota 1 recebeu a pontuação 2, e a nota 2 recebeu a pontuação 1, para que não houvesse invalidação entre dados.

Análise Estatística

Os *rankings* foram gerados através das seguintes etapas:

Ranking I:

- 1) Em cada confronto, foi verificada qual ração foi a preferida pela maioria dos gatos, com uma RI maior que 0,5;
- 2) Verificou-se se a preferência individual dos gatos (ingestão >50% de determinada ração) coincidiu com o alimento mais consumido pela maioria;
- 3) Somou-se a quantidade de vezes que a preferência do gato coincidiu com o alimento vencedor no confronto;
- 4) Somou-se a quantidade de vezes que o gato participou dos confrontos;
- 5) Calculou-se a taxa de compatibilidade com a maioria;

O escore de comportamento foi dado a partir da média entre todas as variáveis analisadas. Na sequência, a média obtida passou por um processo de normalização, para que se enquadre na escala entre 0 e 1, de forma a se assemelhar com as taxas de conformidade de 1º olfato, 1º paladar e palatabilidade geral. O cálculo para normalização dos dados foi dado por Pagano e Gauvreau (2011):

$$X_{normalizado} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

A fim de identificar se existiam características físicas e comportamentais capazes de influenciar no aumento ou redução da compatibilidade dos animais, foi considerado o modelo de regressão linear com a variável resposta a “Taxa de compatibilidade” e as variáveis preditoras de “Gênero”, “Idade” e “Escore de comportamento”.

A equação para o modelo de regressão linear aplicado é escrita como:

$$Y = \beta_0 + \beta_p X_p + \varepsilon$$

em que:

β_p são os coeficientes estimados da regressão,

X_p são as variáveis explicativas do modelo,

ε o erro da regressão.

Ranking II

O segundo *ranking* considera a taxa de compatibilidade com a maioria (50%) e o escore de comportamento (50%). A conformidade das observações em todas as avaliações é apresentada na forma de quartis.

Resultados

Quando consideramos apenas o critério de palatabilidade, ou seja, a ingestão de um percentual maior da mesma ração escolhida pela maioria do grupo, 8 gatos estiveram em conformidade com a maioria dos testes em mais de 75% das vezes, 29 gatos em conformidade com a maioria dos testes em mais de 50% das vezes, 3 gatos em conformidade menos de 50% das vezes e 1 gato em conformidade menos de 25% das vezes (Figura 1).

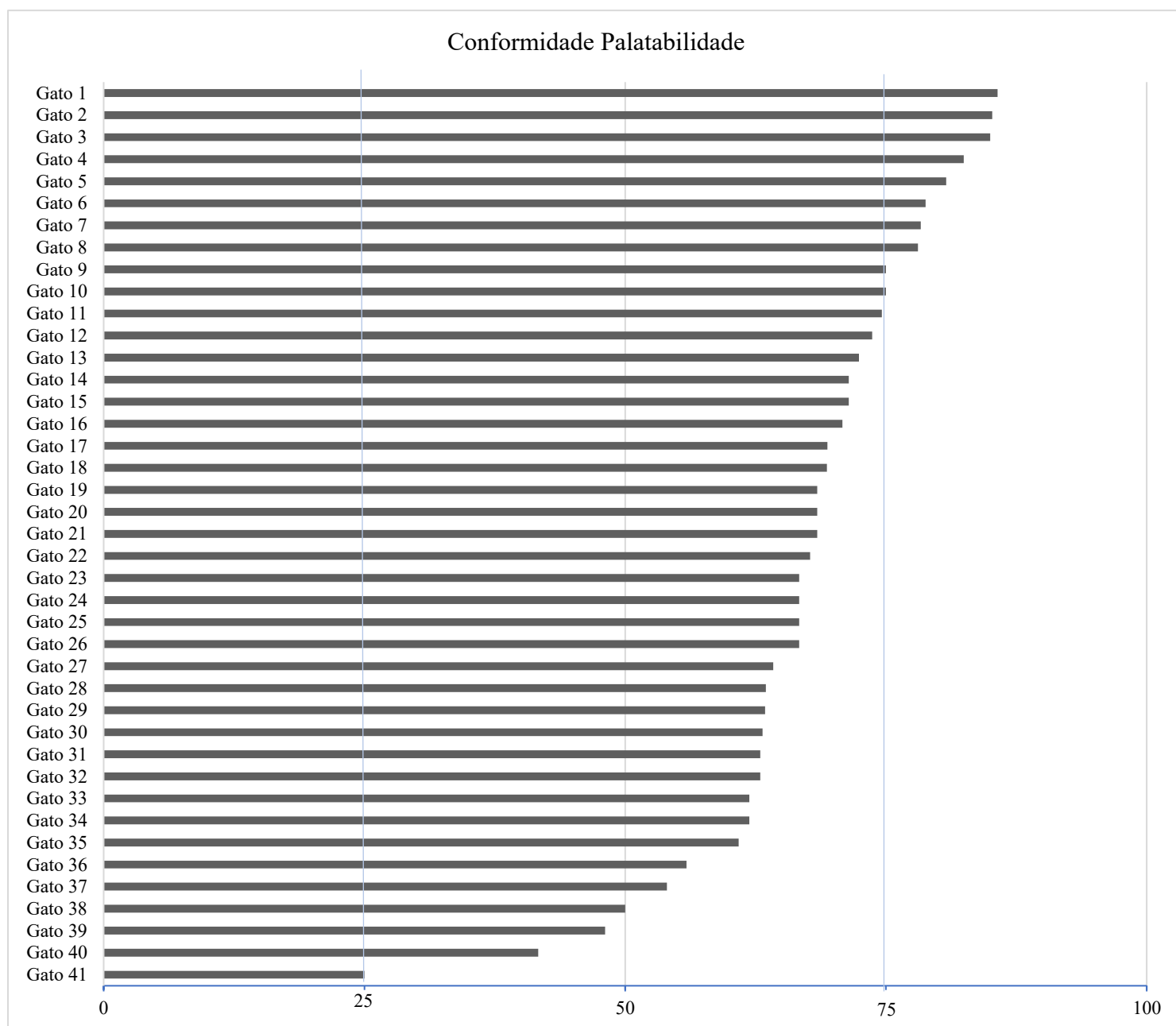


Fig. 1 Ranking dos gatos de maior conformidade com a maioria nos testes de palatabilidade.

Pelo modelo de regressão linear para a variável resposta referente ao percentual de conformidade dos parâmetros gênero, idade e escore de comportamento, as características de gênero e idade do gato não foram capazes de influenciar nos resultados condizentes com a maioria nos testes de palatabilidade, a um nível de 5% de significância. Por outro lado, o escore de comportamento foi significativo, indicando que esse fator influencia diretamente os percentuais de conformidade nos testes de preferência alimentar em gatos pelo método das duas vasilhas.

Considerando o modelo de regressão com esses parâmetros, o coeficiente de regressão (R^2) ajustado indica que a combinação de variáveis é capaz de explicar em torno de 7% da variabilidade encontrada nos dados de conformidade nos testes, isso significa que apenas 7% da variação nos resultados de conformidade nos testes pode ser explicada pelas variáveis gênero, idade e escore de comportamento, sugerindo que existem outros fatores importantes não incluídos no modelo que poderiam influenciar nos resultados.

Tabela 1 Estimativas para o modelo de regressão linear considerando a variável resposta “% de conformidade” e as variáveis explicativas de gênero e idade do animal

	Estimativa	Erro-Padrão	Valor t	Pr(> t)
(Intercept)	0.60	0.07	9.00	0.0000
Gênero - M	-0.07	0.05	-1.47	0.1511
Idade (anos) - 9	-0.05	0.04	-1.01	0.3171
Escore de Comportamento	0.19	0.09	2.13	0.0403

P < 0,05.

Com base nesse resultado, os gatos foram classificados de acordo com a pontuação dos três parâmetros (RI, 1º olfato e 1º paladar) e receberam escores positivos ou negativos conforme seu comportamento. Assim, as variáveis de conformidade nos testes de palatabilidade e o escore de comportamento foram consideradas com o mesmo peso, 50% cada.

Na Figura 2, ao avaliarmos a conformidade entre a RI e o escore de comportamento, constatou-se que 7 gatos estão em conformidade com os testes de palatabilidade em mais de 75% das vezes, e apenas 7 deles estão em conformidade nos testes com menos de 50%. Os animais avaliados apresentam bom comportamento e fácil manejo, o que pode ter contribuído com esses achados e, conseqüentemente, ter influenciado positivamente os resultados obtidos nos testes de palatabilidade.

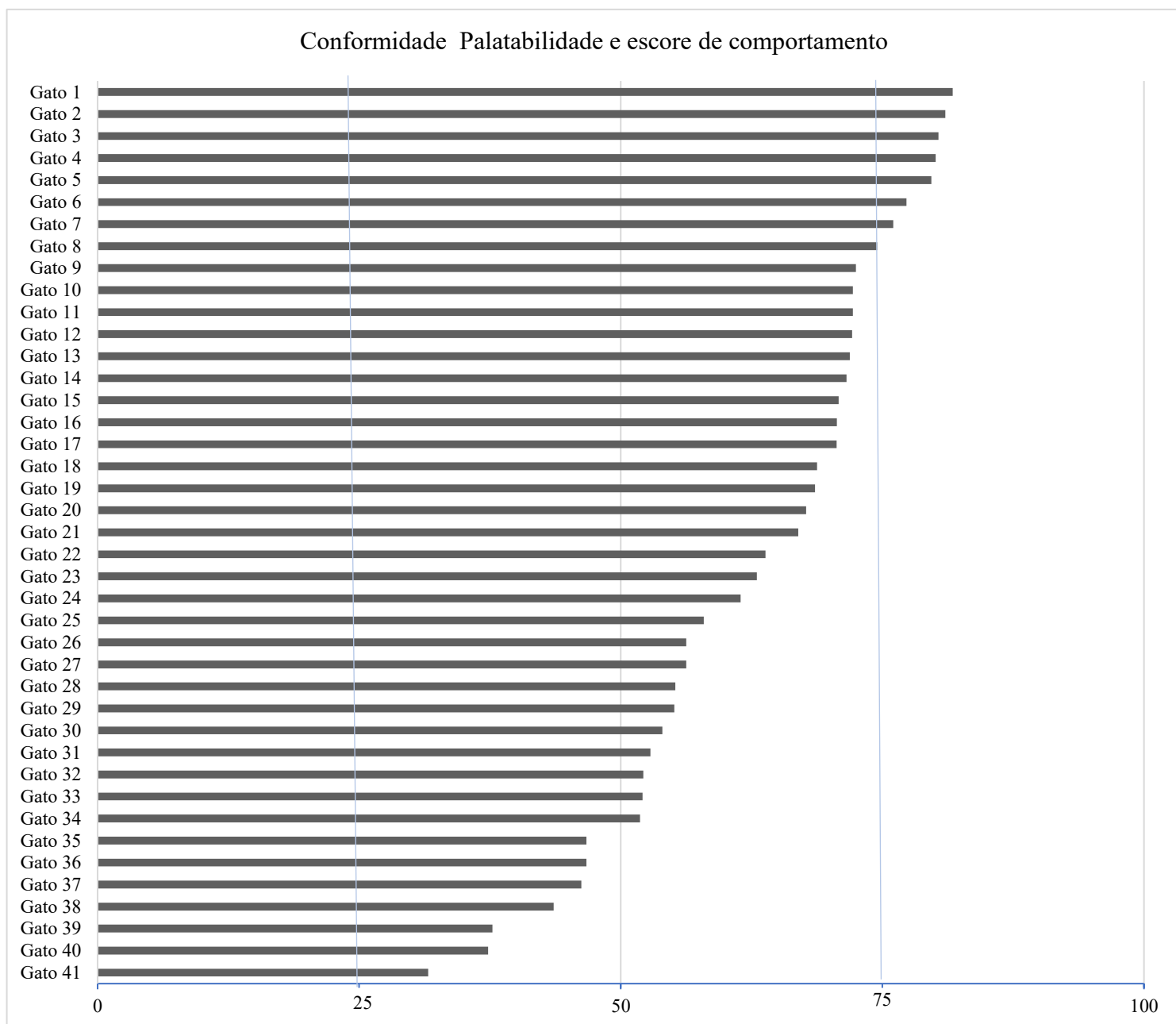


Fig. 2 *Ranking* dos gatos de maior conformidade com a maioria nos testes de palatabilidade (peso 50%) e escore de comportamento (peso 50%).

Discussão

A análise sensorial de alimentos para cães e gatos é principalmente baseada em testes de preferência e/ou aceitação (Koppel, 2014). Esses testes podem ser realizados com painéis de animais domiciliados, não treinados ou em painéis de especialistas de animais treinados para discriminar alimentos com diferentes valores nutricionais e propriedades sensoriais desde jovens. Nestes ensaios, o nível de exigência e controle sobre o passado alimentar dos animais são necessários para limitar o impacto dos preconceitos (efeito novidade, efeito painel, etc.) nas

respostas e garantir a obtenção de resultados significativos mesmo com diferenças sutis nos alimentos (Larose, 2003). Nesse estudo, os dados de palatabilidade são provenientes de gatos que participam de testes desde jovens, mas sendo expostos a diferentes tipos de alimentos desde a fase de crescimento, visando minimizar o efeito novidade. O intuito do estudo foi avaliar quão sensíveis os gatos são, para identificar pequenas alterações nos atributos sensoriais em alimentos secos com inclusões de diferentes extratos de leveduras.

Já é conhecido que leveduras e seus extratos além de possuírem benefícios nutricionais, melhoram a palatabilidade de alimentos para gatos, devido à presença de aminoácidos livres e nucleotídeos, que promovem uma maior resposta de paladar nos receptores nasais dos gatos (Oliveira et al., 2016). E ainda, a presença de ácido glutâmico pode estimular os receptores gustativos relacionados ao sabor umami (Ogoshi et al., 2014).

Nos testes realizados com derivados de leveduras, os gatos puderam escolher entre duas dietas apresentadas simultaneamente, sendo avaliado a primeira escolha olfativa e de paladar, pelo método descrito por Griffin (2003). Selecionar gatos para testes de palatabilidade é fundamental para garantir resultados confiáveis e representativos. Gatos possuem comportamentos alimentares únicos, influenciados por fatores genéticos, ambientais e sociais, e esses fatores podem impactar significativamente na percepção de sabor, odor, textura e até a apresentação dos alimentos. Por isso, a seleção de gatos que representem adequadamente a população alvo em termos de idade, raça, histórico de alimentação e preferências individuais é essencial.

Para compor um painel de especialistas treinados, os avaliadores humanos são selecionados por demonstrarem sensibilidade sensorial, pois com treinamento considerável e experiência em testes sensoriais, são capazes de fazer testes sensoriais consistentes e com boa repetibilidade nas avaliações de vários produtos (Sipos et al., 2021). O desempenho dos avaliadores é monitorado regularmente para garantir que os critérios pelos quais foram inicialmente selecionados continuem a ser atendidos (Sipos et al., 2021). Já nos painéis de gatos especialistas, são realizados diariamente testes de palatabilidade. Os animais podem se especializar em um tipo de alimento (seco ou úmido) ou testar diferentes tipos de dietas com transição de períodos entre cada uma delas (Tobie et al., 2015).

Os animais treinados são mais sensíveis nas escolhas, e a precisão dos testes é maior, mas demandam treinamento intensivo para exposição a uma diversidade de alimentos; testes de qualificação devem ser realizados com frequência para certificação e segurança dos resultados (Larose, 2003). A repetibilidade e a conformidade dos dados gerados pelos animais desse

estudo são cruciais para validar os testes, garantindo que os resultados sejam consistentes ao longo do tempo. Estudos de seleção, como os realizados para identificar animais com maior estabilidade em suas respostas comportamentais e alimentares, destacam a importância de combinar rigor metodológico com o bem-estar animal para assegurar que os dados reflitam, de forma precisa, as preferências sensoriais.

Para confiabilidade e relevância dos resultados, a avaliação da palatabilidade deve ser realizada em animais de estimação de idades, tamanhos e raças variadas, e que estejam em boas condições de saúde, e ainda mais, sem estresse (Tobie et al., 2015). Portanto, o banco de dados utilizado neste estudo, compreende gatos com idades entre 4 e 9 anos, em plenas condições de saúde, e sem raça definida (SRD).

A repetibilidade das condições de teste e o controle das interferências ambientais estão entre as principais características dos painéis de especialistas. Para construir um painel de animais especialistas e para análise de dados em testes de palatabilidade foi sugerido um número mínimo de 30 indivíduos, para que se tenha robustez estatística segura (Tobie et al., 2015). No entanto, o número amostral é influenciado pelo desvio padrão (DP), Pires et al. (2020) cita que se o DP for 0,15, o valor mínimo de animais é 14, mas se o DP for 0,25, será necessário um mínimo de 35 gatos. Isso porque, os autores afirmam que nem sempre é possível avaliar um grande número de animais, e pelas condições de realização desse estudo, utilizamos em todos os testes um número mínimo de 20 gatos por desafio.

Ao analisarmos os testes de palatabilidade, 37 gatos apresentaram percentuais de conformidade com a maioria, superior a 50%, isso mostra que na prática quase todos estariam aptos a participar dos testes, se considerarmos apenas a razão de ingestão.

Sabe-se que os gatos são seletivos em relação a alimentação, e o olfato é uma ferramenta usada para avaliar a agradabilidade e potencial palatabilidade dos alimentos (Aldrich; Koppel, 2015; Pekel et al., 2020). O sistema olfativo dos gatos é ajustado para detectar odores desconhecidos, levando a uma avaliação completa e segura dos alimentos (Aldrich; Koppel, 2015).

Ao apresentar diferentes alimentos simultaneamente, a primeira escolha acaba sendo fortemente correlacionada com a proporção de ingestão, sugerindo que existe um impacto positivo do odor na escolha e consumo de alimentos (Hall et al., 2017; Basque et al., 2019). Desta forma, o olfato é considerado primordial na escolha alimentar e na palatabilidade, pois os animais tendem a fazer suas escolhas com base nos odores emitidos pelos alimentos antes mesmo de prová-los (Le Guillas et al., 2024).

No entanto, pode haver dados controversos quando um alimento apresenta o odor agradável, porém seu sabor ou demais atributos, como a textura, por exemplo, não são agradáveis, o que neste caso não garantirá o consumo, e por isso não consideramos apenas essas variáveis na avaliação da conformidade dos gatos.

Embora o olfato seja um fator determinante na escolha do alimento, o paladar também desempenha um papel importante. Os gatos possuem um paladar adaptado à dieta carnívora e tem perda de receptores para sabor doce, uma característica observada em carnívoros obrigatórios (Wolsan; Sato, 2022). Então, de maneira geral, o olfato pode guiar a escolha inicial, e o paladar influencia a aceitação e a preferência por determinados alimentos após a ingestão (Le Guillas et al., 2024).

Para avaliar de forma mais completa a aceitação e a preferência alimentar de cães e gatos, a avaliação da primeira escolha nos ajuda a identificar atributos específicos dos alimentos, como aroma, textura e sabor, que são determinantes para a aceitação pelos animais. No entanto, essa análise geralmente é associada a outras observações, como a razão de ingestão que complementa as observações ao quantificar a proporção de consumo entre os alimentos testados, oferecendo uma métrica objetiva da preferência.

Aldrich e Koppel (2015) defendem que a análise de palatabilidade não deve se basear apenas no consumo total, mas considerar também métricas como o comportamento de escolha inicial e a proporção de ingestão, para entender como os animais percebem os alimentos em diferentes aspectos sensoriais. Por isso é importante combinar diferentes métodos para compor dados tanto dos aspectos sensoriais quanto o comportamento alimentar, maximizando a confiabilidade dos resultados (Forte; Graaf, 2022).

Pela análise de regressão notamos que a idade e o gênero dos gatos não influenciam em sua aptidão para testes de preferência pelo método das duas vasilhas. Cães e gatos podem apresentar comportamento neofílico, definido como gostar de um alimento novo, em oposição à neofobia, que é descrita como evitar novos tipos de alimentos (Bourgeois et al., 2006; Péron; Tobie, 2018). Em alguns casos, gatos podem até apresentar metafilia, que é definida como uma clara preferência por mudança ou variação de um alimento familiar (Péron; Tobie, 2018). A idade também é um fator que tem influência sobre a neofilia ou neofobia. A neofobia é um comportamento adaptativo usado para prevenir possíveis intoxicações e é exibido em animais adultos (Bourgeois et al., 2006). Com o tempo, as experiências alimentares vão se tornando menos variáveis para gatos e com o equilíbrio dinâmico entre os hábitos de compra dos tutores as preferências alimentares do gato é alcançada (Bradshaw, 2006).

A idade dos gatos pode influenciar diretamente nos testes de palatabilidade, devido às mudanças fisiológicas e sensoriais que ocorrem ao longo da vida. O olfato dos felinos é altamente desenvolvido, no entanto, com a idade avançada, há uma redução no número de receptores olfativos, diminuindo sua capacidade de sentir cheiros, o que afeta a aceitação inicial dos alimentos. Além disso, o envelhecimento está associado à perda de papilas gustativas, o que pode alterar a percepção de sabores, resultando em preferências diferentes em comparação com gatos mais jovens. Essas mudanças fisiológicas podem tornar os gatos idosos menos responsivos a certos alimentos ou mais seletivos em relação a outros (Boyce; Shone, 2006).

A diminuição na capacidade olfativa ocorre em gatos idosos acima de 11 ou 12 anos, o que pode ter contribuído com a ausência do efeito idade nesse estudo, pois a idade máxima dos gatos avaliados foi de 9 anos. Quanto ao gênero, não foram encontrados estudos específicos que abordem diretamente as diferenças entre machos e fêmeas de gatos na percepção de odor e sabor dos alimentos. Contudo, mesmo que em outros mamíferos as diferenças sexuais possam influenciar nos aspectos do comportamento sensorial, incluindo olfato e paladar, isso devido a fatores hormonais e neurológicos (Doty, 2003), sabe-se que não há diferença entre animais machos e fêmeas castrados, como era o caso dos animais do presente estudo.

Como esperado, o comportamento teve influência nos testes de palatabilidade. Alguns gatos podem apresentar características indesejáveis, particularmente “lateralização”, o que pode severamente afetar os resultados dos testes de palatabilidade (Van den Bos et al., 2000). Ou ainda, animais que apresentem comportamentos mais agressivos ou de medo, ou estejam submetidos a situações estressantes, podem resultar em dados errôneos quando submetidos aos testes.

Fatores como estresse, inquietação e ansiedade podem impactar a palatabilidade e a aceitação de alimentos por cães e gatos. Por esta razão, a socialização de animais desde os períodos precoces do crescimento é fundamental para se obter animais aptos para ensaios de palatabilidade. Comportamentos de animais sob estresse podem interferir na forma como os animais interagem com o alimento, pois estes animais estão mais preocupados com o ambiente ao redor, do que com o alimento em si. Como consequência, os resultados não refletem uma preferência real. Por exemplo, um animal ansioso pode não se alimentar adequadamente em termos de ingestão calórica ou pode consumir o alimento que esteja localizado mais distante do fator desencadeante de estresse (animais, pessoas, objetos, etc) e, aparentemente, rejeitar alimentos que normalmente aceitaria em um estado mais calmo (Watson et al., 2023).

Isso explica nossos achados, pois verificamos que animais com melhores escores de comportamento, aqueles que não apresentaram características indesejadas como agressividade, medo, inquietação, etc., foram os animais que obtiveram melhor performance nos testes de palatabilidade. Isto fica claro ao verificar que o escore médio dos 10 animais com melhor performance nos ensaios foi de $0,66 \pm 0,04$, enquanto os 10 animais com pior índice de concordância com os ensaios de preferência em que participaram, foi de apenas $0,55 \pm 0,05$.

Em outras espécies, isso também ocorre, quando o estresse pode levar a alterações no apetite e na disposição para se alimentar, o que, por sua vez, pode impactar a forma como respondem aos testes de palatabilidade (Jurkovich et al., 2024). O bem-estar adequado dos animais durante o período dos testes é essencial, pois não apenas melhora a qualidade de vida, mas também assegura que os dados coletados sejam mais precisos e válidos.

Compreender o comportamento dos animais quando estão em testes é crucial para obter resultados precisos e confiáveis, e considerar o estado emocional dos animais durante os testes é importante para a garantia de que os dados coletados reflitam realmente as preferências alimentares.

Devemos ressaltar que no presente trabalho, os gatos foram submetidos a testes de palatabilidade com extratos de leveduras, cujo ingrediente já é conhecido por ser intensificador de sabor, o que pode ter contribuído com os resultados nas condições em que foi realizado esse estudo.

Com base nos resultados desse estudo, concluímos que a maioria dos gatos em painel semitreinado conseguem discriminar pequenas alterações de odor e sabor nos alimentos secos, proporcionados por extratos de leveduras.

Características individuais como idade (até 9 anos) e gênero do gato não influenciam em seus resultados para testes de palatabilidade, no entanto, características comportamentais tem influência sobre melhores desempenhos nos testes, em que quanto melhor o escore de comportamento, melhor será a sua performance.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos. À Biorigin Brasil, pelo financiamento dos estudos com extratos de levedura.

Referências

- Aldrich, G., Koppel, K., 2015. Pet Food Palatability Evaluation: A Review of Standard Assay Techniques and Interpretation of Results with a Primary Focus on Limitations. *Animals* 5, 43–55. <https://doi.org/10.3390/ani5010043>
- Basque, C., Cambou, S., Peron, F., Le Pailh, L., Marzin, C., Hanaoka, K., Callejon, L., Prost, C., Lethuaut, L., 2019. Food preference and olfactory discrimination tests: A complementary approach to understand the drivers of hedonic responses in dogs. *Journal of Sensory Studies* 34, e12483. <https://doi.org/10.1111/joss.12483>
- Bourgeois, H., Elliott, D., Marniquet, P., Soulard, Y., 2006. Dietary behavior of dogs and cats. *bavf* 159, 301–308. <https://doi.org/10.4267/2042/47848>
- Boyce, J., Shone, G., 2006. Effects of ageing on smell and taste. *Postgraduate Medical Journal* 82, 239–241.
- Bradshaw, J.W.S. 2006. The evolutionary basis for the feeding behavior of domestic dogs (*Canis familiaris*) and cats (*Felis catus*). *Journal Nutrition*, 136, 1927S–1931S.
- Doty, R. 2003. Mammalian pheromones: fact or fantasy? In *Handbook of Olfaction and Gustation* (ed R. Doty), pp. 345–83. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Griffin, R.W., 2003. Palatability testing: parameters and analyses that influence test conclusions. In: Kvamme, J.L., Phillips, T.D. (Eds.), *Petfood Technology*. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL, pp. 187–193.
- Hall, N.J., Péron, F., Cambou, S., Callejon, L., Wynne, C.D.L., 2017. Food and Food-Odor Preferences in Dogs: A Pilot Study. *Chemical Senses* 42, 361–370. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjx016>
- Jurkovich, V., Hejel, P., Kovács, L., 2024. A Review of the Effects of Stress on Dairy Cattle Behaviour. *Animals* 14, 2038. <https://doi.org/10.3390/ani14142038>
- Koppel, K., 2014. Sensory analysis of pet foods: Sensory analysis of pet foods. *J. Sci. Food Agric.* 94, 2148–2153. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6597>
- Kumar, R., Goswami, M., n.d. Exploring Palatability in Pet Food - Assessment Methods and Influential Factors. *International Journal of Livestock Research*.
- Larose, C., 2003. Criteria to assure reliability of palatability tests. *PETS Int. Mag.* August, 14–15.
- Le Guillas, G., Vanacker, P., Salles, C., Labouré, H., 2024. Insights to Study, Understand and Manage Extruded Dry Pet Food Palatability. *Animals* 14, 1095. <https://doi.org/10.3390/ani14071095>
- Maturana, M., Castillejos, L., Martin-Orue, S.M., Minel, A., Chetty, O., Felix, A.P., Adib Lesaux, A., 2023. Potential benefits of yeast *Saccharomyces* and their derivatives in dogs and cats: a review. *Front. Vet. Sci.* 10, 1279506. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1279506>

- Ogoshi, R.C.S., Zangeronimo, M.G., Dos Reis, J.S., França, J., Santos, J.P.F., Pires, C.P., Chizzotti, A.F., Costa, A.C., Ferreira, L.G., Saad, F.M.O.B., 2014. Acidifying and yeast extract in diets for adults cats. *Animal Science Journal* 85, 555–561. <https://doi.org/10.1111/asj.12166>
- Oliveira, R.T.D., Haese, D., Kill, J.L., Lima, A., Malini, P.V., Thompson, G.R., 2016. Palatability of cat food with sodium pyrophosphate and yeast extract. *Cienc. Rural* 46, 2202–2205. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151651>
- Pagano, M., Gauvreau, K., 2011. Princípios de bioestatística. In: *Princípios de bioestatística*. p. xv, 506-xv, 506.
- Pekel, A.Y., Mülazımoğlu, S.B., Acar, N., 2020. Taste preferences and diet palatability in cats. *Journal of Applied Animal Research* 48, 281–292. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1786391>
- Péron, F.; Tobie, C., 2018. Ensuring Reliable Palatability Measurement; Diana Pet Food: Elven, France.
- Pires, K.A., Miltenburg, T.Z., Miranda, P.D., Abade, C.C., Janeiro, V., Menolli, A.L.A., Mizubuti, I.Y., Ribeiro, L.B., Vasconcellos, R.S., 2020. Factors affecting the results of food preference tests in cats. *Research in Veterinary Science* 130, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.03.023>
- Sipos, L., Nyitrai, Á., Hitka, G., Friedrich, L.F., Kókai, Z., 2021. Sensory Panel Performance Evaluation—Comprehensive Review of Practical Approaches. *Applied Sciences* 11, 11977. <https://doi.org/10.3390/app112411977>
- Tobie, C., Péron, F., Larose, C., 2015. Assessing Food Preferences in Dogs and Cats: A Review of the Current Methods. *Animals* 5, 126–137. <https://doi.org/10.3390/ani5010126>
- Watson, P.E., Thomas, D.G., Bermingham, E.N., Schreurs, N.M., Parker, M.E., 2023. Drivers of Palatability for Cats and Dogs—What It Means for Pet Food Development. *Animals* 13, 1134. <https://doi.org/10.3390/ani13071134>
- Van den Bos, R., Meijer, M.K., Spruijt, B.M., 2000. Taste reactivity patterns in domestic cats (*Felis silvestris catus*). *Applied animal behaviour science* 69, 149–168.
- Wolsan, M., Sato, J.J., 2022. Role of feeding specialization in taste receptor loss: insights from sweet and umami receptor evolution in Carnivora. *Chemical Senses* 47, bjac033. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjac033>

CAPÍTULO III

MÉTODO *IN HOME* PARA AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA ALIMENTAR POR DIFERENTES EXTRATOS DE LEVEDURA PARA GATOS

Método *In Home* para avaliação da preferência alimentar por diferentes extratos de levedura para gatos

Ingrid Caroline da Silva¹ | Bruna Aparecida Moreira da Silva¹ | Diogo Rossoni² | Ricardo Souza Vasconcellos¹

¹Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Paraná, Brasil.

²Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Estatística, Paraná, Brasil.

Correspondência: Ingrid Caroline da Silva (ingrid_caroline95@hotmail.com).

Palavras-chave: aceitação | bem-estar | comportamento alimentar | tutores.

Resumo: Neste estudo avaliou-se a preferência alimentar, pelo método das duas vasilhas, de diferentes extratos de levedura (Biorigin, Brasil) em dietas para gatos, em animais domiciliados (método *in home*). Para a avaliação do método *in home*, os testes de palatabilidade foram realizados simultaneamente com gatos em condições laboratoriais (Controle) e pertencentes a tutores, utilizando-se os mesmos alimentos e confrontos (oito confrontos com 20 gatos cada). A significância estatística em cada confronto foi calculada pelo Poder do Teste, sendo considerados significativos valores superiores a 0,70. A comparação dos resultados obtidos em laboratório *versus in home* foi realizada a partir da comparação das médias e seus respectivos intervalos de confiança em cada desafio. Nos testes de palatabilidade realizados em laboratório, as dietas contendo extratos de leveduras apresentaram a maior razão de ingestão (RI) em sete dos oito desafios realizados, sendo significativo em quase todos os confrontos ($\geq 0,7$). Em contrapartida, nos testes de palatabilidade *in home*, as dietas quando suplementadas com extrato de levedura, apresentam maior RI em cinco confrontos, sendo significativo em apenas quatro deles. Não há diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos no nível de confiança estabelecido (95%), sendo assim, os dois métodos são compatíveis de serem realizados e apresentam resultados compatíveis, apesar de alguns valores de RI terem sido invertidos entre os métodos. Neste estudo, identificamos variáveis que contribuem para a criação de protocolos confiáveis, essenciais para a condução eficaz de testes de palatabilidade *in home*, embora existam desafios para realizar tais testes, várias estratégias podem ajudar a contorná-los. Os testes realizados com gatos domiciliados nos mostram boa viabilidade de execução e produzem resultados que correspondem aos obtidos em painéis de gatos treinados.

Keywords: accessible | well-being | eating behavior | tutors.

Abstract: This study evaluated food preference using the two-bowl method to compare different yeast extracts (Biorigin, Brazil) in cat diets, with domiciled animals (in-home method). To assess the in-home method, palatability tests were conducted simultaneously with laboratory cats (Control) and with owned cats, using the same diets and pairings (eight comparisons with 20 cats each). Statistical significance for each comparison was determined by test power, with values above 0.70 considered significant. The comparison between laboratory and in-home results was based on mean intake ratios and their respective confidence intervals for each challenge. In the laboratory palatability tests, diets containing yeast extracts presented the highest intake ratio (IR) in seven out of eight challenges, with nearly all comparisons reaching statistical significance (≥ 0.7). Conversely, in the in-home tests, diets supplemented with yeast

extracts showed a higher IR in five comparisons, with only four reaching significances. No statistically significant differences were found between the two methods at the established 95% confidence level, indicating that both methods are feasible and produce comparable results, despite some inverted IR values between the methods. In this study, we identified variables that contribute to the development of reliable protocols, which are essential for effectively conducting in-home palatability tests. Although there are challenges associated with performing such tests, several strategies can help to overcome them. The tests conducted with domiciled cats demonstrated good feasibility and yielded results consistent with those obtained from trained cat panels.

1 | Introdução

A qualidade nutricional de *Pet food* é de extrema relevância para a saúde dos animais, pois, muitas vezes, os alimentos ofertados são a única fonte de nutrientes e energia para cães e gatos. Para avaliar a qualidade de novos ingredientes, formulações e tecnologias de processamento, são realizados testes que fornecem informações importantes sobre a disponibilidade de energia e nutrientes, e aceitação do alimento, bem como produção e consistência fecal (Alvarenga et al., 2019).

A aceitação de um alimento é a quantidade necessária para atender às necessidades calóricas de um animal de estimação, e a palatabilidade é definida como a preferência ou escolha de um alimento em detrimento de outro (Case et al., 2010). Compreender a preferência dos animais não é tão simples, assim, metodologias indiretas têm sido desenvolvidas para classificar diferentes produtos com base nos comportamentos e reações alimentares dos animais (Tobie et al., 2015). A determinação da palatabilidade de alimentos para cães e gatos é estratégica, pois o sucesso comercial de alimentos, petiscos e medicamentos orais, depende em grande parte da boa aceitação dos produtos pelos animais.

Testes de preferência e/ou aceitação geralmente são empregados na determinação da palatabilidade (Koppel, 2014), podendo ser realizado em painéis domiciliares de animais não treinados (*in home*), semitreinados ou especialistas (canis e gatis com animais especificamente treinados para este fim) para discriminar diferentes propriedades nutricionais e sensoriais (Tobie et al., 2015). Para enriquecer as medidas clássicas de palatabilidade, novos métodos e critérios vem sendo desenvolvidos, com foco em comportamentos, características sensoriais e formas mais representativas na amostragem dos animais.

Geralmente, os testes são realizados por empresas de alimentos para animais de estimação, em condições dedicada à pesquisa, onde há condições controladas, como raça, alojamento, nível de alimentação, interações com outros animais e funcionários (Bos et al., 2023).

Quando nos referimos às testes de laboratório, os animais são expostos a alimentos em ambientes controlados, permitindo medições mais precisas e consistentes. Nesses ambientes, é possível reduzir a influência de variáveis externas e aumentar a precisão dos resultados por meio de treinamentos e controle rigoroso da palatabilidade. Os animais tornam-se especializados e consistentes nos testes, especialmente quando expostos a diferentes dietas com transições controladas, algo que é mais difícil em ambientes *in home*, onde fatores como a interação com os tutores e o ambiente doméstico refletem em uma maior variabilidade nos resultados (Aldrich; Koppel, 2015).

Embora os testes laboratoriais ofereçam maior controle, eles exigem treinamento intensivo dos animais para garantir maior precisão na discriminação de alimentos e garantir repetibilidade dos resultados, o que pode ser visto como um desafio logístico e ético relacionado ao bem-estar dos animais (Aldrich; Koppel, 2015). Com isso, os testes *in home* se tornam uma alternativa aos testes de laboratório, em que podem oferecer uma visão mais prática das preferências alimentares em um ambiente natural, mas com menor controle sobre variáveis externas, como a influência dos tutores na alimentação e neofobias, uma vez que os gatos podem não estar habituados a trocas constantes de dietas.

Por meio do método *in home*, é ainda possível receber um *feedback* dos tutores sobre a sua percepção em relação ao alimento e às preferências de seu animal (Tobie et al., 2015).

A comparação entre os resultados do painel de animais treinados e animais não treinados (*in home*), geralmente revela diferenças mais ou menos importantes, de acordo com o tipo de produto testado. Foi observado que testes *in home* podem apresentar resultados mais estáveis (Griffin et al., 1984), mas que animais de centros de pesquisas podem discriminar melhor pequenas diferenças. Essas discrepâncias podem ser explicadas por todos os fatores já mencionados e relacionados ao nível de treinamento dos animais, ao histórico alimentar e às variações ambientais.

Os métodos de medição de palatabilidade e as diferentes análises que podem ser incorporadas no protocolo experimental são complementares e podem ser combinados para finalmente fornecer uma avaliação mais precisa da palatabilidade e do desempenho geral dos alimentos para animais de estimação (Tobie et al., 2015), principalmente quando testamos novos ingredientes, como por exemplo, os extratos de levedura.

Usado como intensificador de sabor, os extratos de leveduras podem ser utilizados como ingredientes nutricionais e funcionais e consistem na combinação de proteína, peptídeos, aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas do complexo B, minerais e carboidratos (Maturana et

al., 2023), sendo frequentemente utilizados devido a seus efeitos na melhora da palatabilidade, por conferir o sabor umami ao alimento, e isso se deve à presença de diferentes componentes, além do elevado teor de ácido glutâmico presente nas leveduras, que são produzidos durante o processo de preparação destes extratos, em condições de temperatura, tempo e pH controlados (Alim et al., 2019).

Estudos recentes evidenciam a importância de equilibrar os benefícios de testes de laboratório, com condições controladas, com as realidades mais complexas dos testes *in home*, sendo que ambos os métodos apresentam suas limitações e contribuições únicas para a avaliação da palatabilidade de novos ingredientes para formulação de alimentos para animais de estimação. Frente a isto, neste trabalho buscou-se avaliar a preferência alimentar, pelo teste das duas vasilhas, de diferentes extratos de levedura em dietas para gatos. Os ensaios foram realizados em condições de laboratório, em um painel de gatos semitreinados e pelo método *in home*, usando animais não treinados, visando analisar a concordância dos resultados.

2 | Material e Métodos

Este trabalho foi dividido em duas etapas, sendo:

- I. Determinação da palatabilidade de diferentes extratos de levedura com gatos de laboratório.
- II. Determinação da palatabilidade de diferentes extratos de levedura com gatos *in home*.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Maringá (protocolo nº 9899170724). Um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE, Anexo II) foi assinado pelos tutores dos gatos que se disponibilizaram em participar do estudo.

As dietas foram extrusadas na Fábrica de rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal (FCAV/UNESP), São Paulo/Brasil. As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA/UEM), e os testes de palatabilidade no Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Felinos Domésticos, localizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI/UEM).

2.1 | Design experimental

O estudo foi conduzido em duas fases: testes de palatabilidade em laboratório e testes *in home*. O método de duas vasilhas conforme descrito por Griffin (2003) foi aplicado em oito comparações distintas de uma dieta controle (CN) e dois extratos de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em quatro níveis de inclusão cada um, sendo YE 1 (Bionis YE GMX DK, Biorigin, Brasil) e YE 2 (Bionis YE STDK NS, Biorigin, Brasil) à 0,25%; 0,5%; 0,75% e 1%, aplicados na massa da ração antes da extrusão.

No estudo *in home*, tutores de gatos da cidade de Maringá, Paraná, Brasil, foram recrutados via questionário online (*Google Forms*) (Anexo III), cujo critérios de inclusão incluíram a aceitação em participar de todas as etapas do estudo e seguir rigorosamente a metodologia do teste. O tamanho da amostra para o teste em condições laboratoriais e *in home* foi o mesmo, de 20 gatos adultos em cada (n=20). Os mesmos confrontos e dietas foram usados também nas condições laboratoriais e *in home*.

2.2 | Processamento das dietas

A dieta CN foi formulada para gatos adultos em manutenção do peso corporal, conforme as recomendações da FEDIAF (2021). A partir desta, foram elaborados mais oito tratamentos, sendo dois diferentes extratos de leveduras (Biorigin, Brasil), incluídos em 0,25%; 0,5%; 0,75% e 1%. A composição da dieta CN pode ser vista na Tabela 1, e a inclusão dos extratos de levedura (Biorigin, Brasil) se deu em substituição ao farelo de soja.

Os extratos de leveduras foram inicialmente diluídos em milho moído e homogeneizadas em misturador tipo Y. Após esta pré-diluição e pré-mistura, foram adicionados no misturador juntamente com o restante dos ingredientes. A mistura foi moída em moinho de martelos, equipado com peneira de furos de 0,9 mm (Tigre, São Paulo, SP, Brasil). Em seguida, as rações foram processadas em extrusora (Manzoni, MEX- 250, Campinas, SP, Brasil).

Após a extrusão, os *kibbles* foram secos em um secador de ar forçado a 110°C, com duas esteiras com malha de aço, por aproximadamente 20 min. Após a saída do secador, procedeu-se o engorduramento com óleo de frango a 10% e palatilizante líquido a 1%.

2.3 | Composição bromatológica das dietas

A composição bromatológica da dieta CN foi determinada após a cobertura por gordura de aves e palatilizante. Determinou-se o teor de umidade (método 930.15), proteína bruta (método: 954.01), extrato etéreo por hidrólise ácida (método: 954.02), cinzas (método: 942.05) e fibra bruta (método: 978.10), de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2005).

Os extrativos não nitrogenados foram determinados pela diferença entre 100% e os demais nutrientes analisados em cada dieta (Tabela 1).

Tabela 1 | Composição da dieta controle (CN) e contendo os dois extratos de levedura (YE 1 e YE 2) nos diferentes níveis de inclusão (0,25%, 0,50%, 0,75% e 1,0%).

Ingrediente (%)	CN	YE 1.1	YE 1.2	YE 1.3	YE 1.4	YE 2.1	YE 2.2	YE 2.3	YE 2.4
Milho Grão	38,43	38,43	38,43	38,43	38,43	38,43	38,43	38,43	38,43
Farinha de Visceras de aves	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Farelo de Soja 45%	10,00	9,75	9,50	9,25	9,00	9,75	9,50	9,25	9,00
Far, Glúten de milho 60	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Quirera de Arroz	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Gordura de aves	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15
Casca de Soja	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
Palatabilizante líquido	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcário	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Ácido Fosfórico	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Premix	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Cloreto de Colina	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Cloreto de Potássio	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Antifúngico	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Antioxidante	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Taurina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Extrato Biorigin ¹	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Composição química analisada da Dieta Controle									
Matéria Seca (%)	97,10	96,99	93,58	94,94	95,43	95,17	95,54	94,89	94,89
Atividade da Água (Aw)	0,20	0,21	0,43	0,33	0,33	0,31	0,29	0,29	0,30
Valores em base de Matéria Seca									
Proteína Bruta (%)	32,96								
Extrato Etéreo por Hidrólise Ácida (%)	12,70								
Cinzas (%)	4,79								
Fibra Bruta (%)	2,47								
Extrato não nitrogenado (%)	47,08								
Energia Bruta (kcal/kg)	4.535,50								

YE 1.1 – Tratamento com inclusão de 0,25% do extrato de levedura 1; YE 1.2 – Tratamento com inclusão de 0,50% do extrato de levedura 1; YE 1.3 – Tratamento com inclusão de 0,75% do extrato de levedura 1; YE 1.4 – Tratamento com inclusão de 1,00% do extrato de levedura 1; YE 2.1 – Tratamento com inclusão de 0,25% do extrato de levedura 2; YE 2.2 – Tratamento com inclusão de 0,50% do extrato de levedura 2; YE 2.3 – Tratamento com inclusão de 0,75% do extrato de levedura 2; YE 2.4 – Tratamento com inclusão de 1,00% do extrato de levedura 2.

2.4 | Teste de palatabilidade em laboratório

Os testes de palatabilidade foram realizados simultaneamente com gatos do gatil e de tutores a fim de reduzir a influência de fatores externos e garantir uma avaliação mais precisa e abrangente dos alimentos, sendo realizados desafios da dieta CN *versus* os demais tratamentos.

Conforme o n mínimo de animais, descrito por Pires et al. (2020) foram selecionados 20 gatos adultos, machos e fêmeas, vacinados, vermifugados e castrados, com idade entre 4 e 9 anos e peso corporal de $4,50 \pm 0,14$ kg. Os animais receberam 60g de cada alimento teste, fornecidos nos potes identificados (A e B), em que cada um continha um tratamento diferente, para determinação da primeira escolha de olfato e paladar, determinados na primeira refeição do dia e cálculo da razão de ingestão (IR) entre as dietas em cada ensaio, ao final do dia, em que considera-se o consumo de uma ração em relação ao consumo total, através da fórmula: $IR (\%) = \text{consumo da dieta A} / (\text{consumo da dieta A} + \text{consumo da dieta B})$. Sendo dois dias por desafio, em que o primeiro dia é para adaptação e o segundo para coleta de dados.

O tamanho e cor dos potes eram iguais, de maneira a eliminar qualquer possível interferência por fatores externos ao alimento. Durante o período experimental, os gatos recebiam o alimento diário fracionado em quatro refeições, alojados em gaiolas individuais de 30cm x 40cm x 40cm e mantidos por aproximadamente 20 minutos por refeição, sendo nos horários 08h; 10h; 14h e 16h, e na terceira refeição do dia, inverteu-se a posição dos potes.

2.5 | Seleção dos tutores

Para seleção dos gatos de tutores, alguns critérios foram prioritários para inclusão/exclusão, como: idade, temperamento, acesso à rua, presença de outros animais na casa, tratamento para doença crônica, indisponibilidade dos tutores no manejo e a localização.

Após a seleção dos participantes, foi disponibilizado para assinatura um termo de compromisso, com todas as etapas e critérios a serem respeitados durante o período do experimento, e feito um treinamento por meio de vídeos, com o protocolo do teste de palatabilidade e a relevância da pesquisa, suas tarefas e o procedimento adequado durante o período experimental.

2.6 | Teste de Palatabilidade *in home*

No início do período experimental, os participantes foram visitados e receberam o material do estudo, que era composto de: comedouro de acrílico com suporte para dois potes de *inox*, sendo identificados A e B, rações experimentais, acondicionadas em sacos plásticos selados a vácuo, dentro de caixas de alumínio codificadas pelo respectivo tratamento e dia do desafio, câmera com sensor de movimento (EZVIZ C1C) para filmagem dos animais no momento das refeições, cartão de memória para armazenamento das imagens e cronograma dos confrontos a serem realizados.

Os tutores também foram instruídos a efetuar o *download* do aplicativo da câmera, para acompanhar em tempo real as filmagens, caso julgassem necessário. Além disso, durante o estudo, os participantes puderam entrar em contato telefônico ou via *WhatsApp* com a equipe executora para esclarecimento de dúvidas ou comunicar possíveis imprevistos.

Assim como no teste em gatil, foram selecionados 20 gatos adultos, com idade entre 2 e 10 anos e peso corporal de $6,38 \pm 0,93$ kg. Os gatos receberam 60g de cada uma das dietas experimentais, e foi determinado a primeiro olfato e primeiro paladar, através das imagens fornecidas pela filmagem da câmera, sendo as sobras diárias acondicionadas separadamente até o fim do período experimental, em seguida, foram pesadas para cálculo da RI como descrito no tópico 2.4.

2.7 | Análise estatística

O teste de palatabilidade foi analisado conforme metodologia proposta por (Pires et al., 2020), em que se considera como significativo o poder de teste superior a 0,70, que é calculado considerando tamanho da amostra (n) usada por desafio, diferença nas preferências (delta), desvio padrão (DP) e o nível de significância a 5%, usando o *software* estatístico MiniTab 22.

A metodologia utilizada para analisar a diferença média do índice de reflectância entre diferentes alimentos em distintos ambientes (laboratório e *in home*) foi realizado pelo cálculo das médias e dos intervalos de confiança de 95% para cada categoria de alimento. As médias das diferenças de índice de reflectância foram representadas graficamente por meio de barras, enquanto que os intervalos de confiança de 95% foram adicionados como barras de erro, indicando a variabilidade e a precisão das estimativas médias. Esses intervalos foram calculados com base na distribuição dos dados, permitindo uma avaliação visual da incerteza associada às médias observadas, utilizando o *software* estatístico R Core Team (2024).

3 | Resultados

3.1 | Participantes e tutores

Foram obtidas 54 respostas na pesquisa de interesse realizada com os tutores, e destas, 20 tutores foram selecionados. Neste processo, foi prioritário ao gato não ter acesso à rua, a idade ser entre 1 e 7 anos, não apresentar doença crônica e não ter contato com outros animais, preferencialmente.

Dois gatos tiveram que ser substituídos logo nos primeiros dias de experimento, pois apresentaram recusa ao alimento ofertado, nesta situação substituímos pelo próximo gato da lista de seleção.

3.2 | Testes de palatabilidade

Conforme demonstrado na figura 1, nos testes de palatabilidade realizados em laboratório, as dietas contendo extratos de leveduras apresentaram a maior RI em sete dos confrontos realizados, sendo significativo pelo poder do teste superior a 0,7. Em contrapartida, nos testes de palatabilidade *in home*, podemos observar que as dietas quando suplementadas com extrato de levedura (Biorigin, Brasil), apresentaram maior RI em quatro dos oito confrontos.

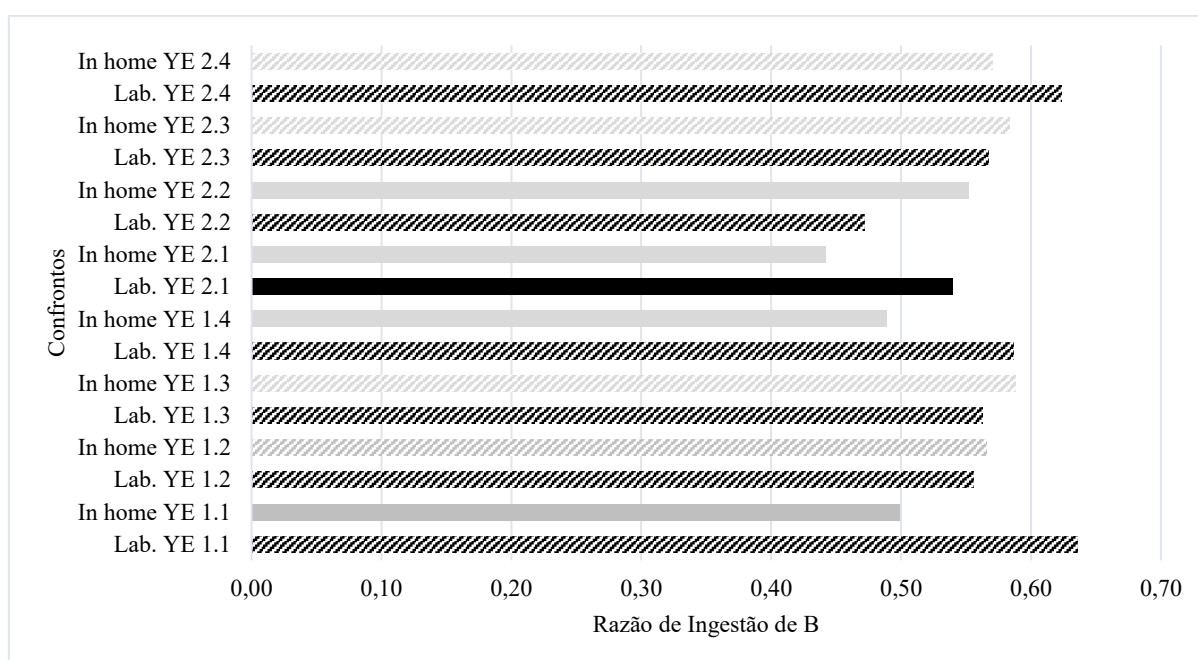


Figura 1 | Razão de ingestão das dietas contendo extratos de leveduras (RI B) no teste de preferência pelo método em laboratório e *in home*.

- Significativo no Método *in home* (Poder do teste $\geq 0,7$).
- Significativo no Método laboratório (Poder do teste $\geq 0,7$).
- Não significativo no Método *in home* (Poder do teste $< 0,7$).
- Não significativo no Método laboratório (Poder do teste $< 0,7$).

3.3 | Conformidade entre os métodos

Na figura 2, observamos que considerando um intervalo de confiança de 95% para cada alimento, os índices de reflectância se sobrepõem quando comparamos os dois métodos, e as barras indicam que existe uma variabilidade na precisão das estimativas médias. Desta forma, todos os confrontos, pelos dois métodos, apresentaram concordância entre si, uma vez que os intervalos de confiança foram sobrepostos, isso indica que não há diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos no nível de confiança estabelecido (95%). Sendo assim, os dois métodos são comparáveis em termos dos resultados obtidos, apesar de alguns valores de

RI terem sido invertidos entre os métodos. Para os desafios entre o CN e os extratos, 1.2, 1.3, 2.3 e 2.4, pelos dois métodos houve preferência significativa pelos extratos.

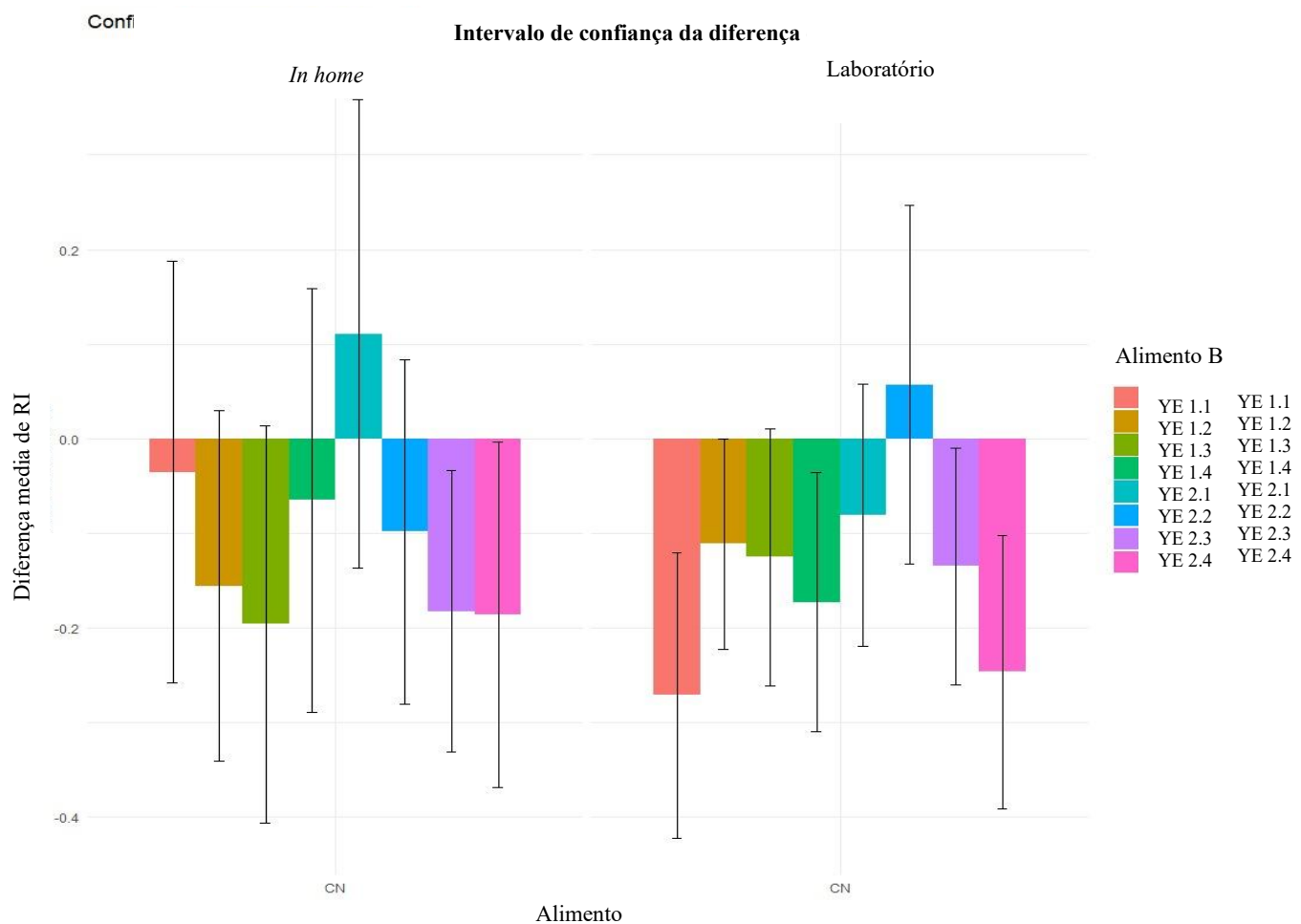


Figura 2 | Intervalos de confiança entre as dietas experimentais no método em laboratório e *in home* para avaliação da palatabilidade em gatos.

A sobreposição dos intervalos de confiança sugere que os métodos resultam em desempenhos similares nos testes de palatabilidade quando testados diferentes extratos de leveduras, indicando que ambos podem ser utilizados para esse propósito. Pela análise estatística, ainda podemos verificar que a variabilidade ou erro em cada método não foi suficiente para distinguir diferenças entre eles dentro do intervalo de confiança adotado.

No entanto, a ausência de diferença estatística entre os métodos não indica que eles são idênticos, pois o poder do teste, o tamanho da amostra (n) e outros fatores podem influenciar a interpretação dos resultados.

4 | Discussão

A população de animais de companhia domiciliados e sem prévio treinamento difere daquela dos centros de pesquisas (canis ou gatis), pois são animais que não foram

condicionados aos ensaios previamente. Fatores como idade, raça, peso corporal, condição corporal, experiências prévias com a alimentação, nível de consumo energético, nível de atividade física, fatores estressores, entre outros, podem ter influência sobre resultados de avaliação dos alimentos (Weber et al., 2017; Xu et al., 2017). Além de tudo, muitos fatores externos ao alimento ou ao animal podem ter efeito sobre os resultados, como horário das refeições, se a alimentação é *ad libitum* ou se fica disponível em horários específicos, se há presença ou não de outros animais, quantas pessoas cuidam do cão ou gato, etc. Em testes realizados em domicílios, o controle dos fatores é mais dificultado, justamente por não ter animais padronizados, condições controladas de ambiente e manejo, o que pode influenciar diretamente nos resultados devido à variabilidade individual dos animais e às diferenças no comportamento dos tutores, resultando em maior coeficiente de variação nos ensaios, o que geralmente exige um maior número de animais.

As variabilidades encontradas em condições de testes *in home* afetam os requisitos adotados no protocolo experimental, necessitando de ajustes, como por exemplo, no período de adaptação para receber o novo alimento, período de coleta, caso haja, número adequado de animais e principalmente na confiança dos resultados (Tobie et al., 2015). Por isso, neste estudo, adaptamos o horário das refeições dos animais de acordo com a rotina de seus tutores, e como já era de costume dos animais. Além de tudo, para exposição de todas as etapas do experimento, houve total clareza dos métodos que seriam adotados e acompanhamento dos tutores para que cada contratempo que fosse ocorrendo pudesse ser solucionado o mais breve possível.

Os testes para avaliação de alimentos para cães e gatos são realizados quase que exclusivamente em instalações dedicadas à pesquisa, que empregam um número limitado de animais alojados em condições padronizadas e que diferem muito das condições reais de vida dos animais, fazendo com que os resultados dos testes sejam menos representativos para a população a que os alimentos se destinam (Bos et al., 2023). Uma vantagem dos testes *in home*, é que a manutenção dos animais é feita no ambiente em que já estão habituados, interferindo o mínimo possível em suas condições normais de comportamento, além de que ensaios de palatabilidade com animais em ambiente doméstico têm potencial de produzir dados mais representativos para o mercado consumidor, pois refletem as preferências da população real de animais e a percepção de seus tutores frente ao uso de um novo alimento. Porém, atualmente, não existem protocolos validados.

Esse estudo foi realizado com o intuito de determinar a palatabilidade *in home* de gatos domésticos e através do índice de reflectância entre diferentes alimentos (níveis de extratos de

leveduras) em distintos ambientes (laboratório e *in home*), os resultados nos mostram que em todos os confrontos realizados, o intervalo de confiança se sobrepõe nos dois métodos de avaliação da palatabilidade, indicando que há viabilidade do teste *in home* quando comparado ao teste de laboratório.

A principal vantagem desse método é reduzir o uso de animais de laboratório e nos fornecer dados mais representativos do mercado consumidor final. Além disso, o método *in home* pode ser uma maneira eficaz de avaliar a reação dos tutores a novos alimentos ou ingredientes usados em *Pet Food*, pois um alimento de baixo consumo pode resultar em menor intenção de compra por parte dos tutores (Samant et al., 2021).

Em 24 dias de recrutamento dos tutores, obtivemos 50 respostas, sendo selecionados 20 gatos, com base nos critérios já mencionados. Nos testes *in home* existe menor interferência do ambiente experimental, o que causa menor estresse, no entanto, pode haver rejeição pelo alimento teste, neste caso, os animais devem ser retirados a fim de evitar problemas de saúde posteriores. Neste estudo, dois dos gatos selecionados apresentaram rejeição pelo alimento ofertado, então foram substituídos. Esse padrão de comportamento enfrentado nos testes *in home* pode ser comum, pois os gatos não são treinados a receberem diferentes tipos de alimentos (Tobie et al., 2015).

Mais um desafio encontrado em testes *in home* é que, embora possam fornecer resultados mais estáveis, animais de centros de pesquisa tendem a discriminar com maior sensibilidade pequenas diferenças (Griffin et al., 1984). Além disso, fatores como a neofilia ou efeito antiapostático, que descreve a preferência por consumir algo familiar, mas raramente disponível, em detrimento de um alimento com palatabilidade semelhante ao habitual (Le Guillas et al., 2024), também podem influenciar os resultados obtidos.

Gatos são animais que possuem preferências alimentares individuais, que podem ser moldadas ao longo do tempo por experiências anteriores, como o tipo de alimento (seco, úmido ou semiúmido) e os sabores aos quais estão habituados. Nesse estudo, não analisamos esses fatores, o que pode ter influenciado em nossos resultados.

Ainda, alguns autores descrevem que os testes realizados em condições *in home* geralmente são menos precisos devido à falta de controle sobre o ambiente (Tobie et al., 2015), por exemplo, o compartilhamento da mesma tigela, o que pode afetar os resultados (Larose, 2003; Watson et al., 2023). Por isso, demos prioridade a tutores que apresentassem um único gato ou que não apresentassem mais de uma espécie de animal de estimação, ou que ao menos pudesse separar os gatos no momento das refeições a fim de minimizar esse efeito.

Muitos fatores externos ao alimento ou ao animal podem ter influência sobre os resultados, como por exemplo o horário das refeições, se a alimentação fica disponível o dia todo ou em horários específicos, presença ou não de outros animais, quantas pessoas cuidam do cão ou gato, etc. (Almeida et al., 2023). Essas variabilidades encontradas em condições de testes *in home* podem afetar os requisitos adotados no protocolo experimental, necessitando de ajustes, como por exemplo no período de adaptação para receber o novo alimento, período de coleta caso haja, número adequado de animais, e principalmente na confiança dos resultados, pois nesse caso deve haver total clareza dos métodos que vão ser adotados e acompanhamento dos tutores.

A repetibilidade nas condições experimentais e o controle dos efeitos ambientais são as principais características dos painéis de animais treinados. Em testes *in home*, é mais difícil ter esse manejo, então a exigência e o controle do histórico alimentar é necessário para minimizar o impacto do efeito de novidade ou neofobias nos resultados, garantindo a obtenção de dados mais significativos e confiáveis (Larose, 2003). Provavelmente, a recusa de alguns gatos pelo alimento ofertado se deve ao fato de não serem habituados a testar diferentes tipos de alimentos ou até mesmo diferentes marcas ou tipos de rações.

Devemos considerar, ainda, que gatos são animais seletivos e que conseguem detectar pequenas alterações na composição dos alimentos (Watson et al., 2023), e que testes de qualidade devem ser realizados regularmente para controlar qualquer tendência lateral. Neste tipo de teste, os animais recebem a mesma comida e o resultado esperado é não observar nenhuma diferença (Tobie et al., 2015).

Para nos certificar de que os gatos selecionados estavam aptos a detectar as alterações de aroma e sabor, no início do experimento, e que não apresentavam nenhum vício de lateralização, participaram de dois confrontos em que avaliamos a capacidade de distinção de diferentes alimentos, sendo um desafio com dois alimentos iguais, em que o propósito era de que não houvesse preferência, e um desafio com uma ração muito palatável *versus* uma ração de baixa palatabilidade. Em ambos os testes, todos os gatos, tanto no laboratório quanto *in home* foram aprovados, não apresentando preferência no primeiro desafio, uma vez que as rações eram iguais, e apresentaram preferência pelo alimento de melhor palatabilidade no segundo desafio.

A confiabilidade e a relevância dos resultados podem ser garantidas através da avaliação da palatabilidade com animais de idades, tamanhos e raças variadas, em boas condições de saúde e sem situações de estresse (Tobie et al., 2015). Dos animais selecionados, todos eram

sem raça definida (SRD), com idade de $6,38 \pm 0,92$ anos. Os provadores eram ingênuos ao novo alimento e não tiveram nenhum treinamento. A abordagem adotada nos garante maior representatividade dos resultados obtidos, já que reflete a diversidade encontrada em condições reais, e a utilização de provadores ingênuos ao novo alimento, sem treinamento prévio, simula de forma mais fiel a experiência dos tutores, aumentando a aplicabilidade prática das conclusões do teste *in home*.

Em relação à análise estatística dos dados em testes *in home*, a fim de garantir uma análise robusta e segura, Tobie et al. (2015) sugerem um número mínimo necessário de 30 indivíduos e um controle sobre o histórico alimentar, com o intuito de limitar o impacto de preconceitos, como efeito de novidade, efeito do painel, etc. (Larose, 2003). No entanto, neste trabalho constatamos que o número mínimo necessário de gatos para que houvesse diferença significativa no método *in home*, com o mesmo poder de teste do método de laboratório, é de 17, 55 e 88 para os confrontos CN x YE 2.4; CN x YE 1.3 e CN x YE 1.4, respectivamente. Para os demais confrontos se tornou inviável essa aferição devido à variação dos dados e por não apresentarem a mesma preferência entre os métodos.

Para evitar observações tendenciosas por parte dos tutores, o uso da câmera para determinação da primeira escolha olfativa e de paladar pode ter contribuído para evitar esse efeito, e o armazenamento das sobras para pesagem pela equipe excutora pode ter contribuído para evitar problemas de aferição erradas.

A comparação entre os resultados do painel de animais treinados e animais *in home*, geralmente revela diferenças mais ou menos importantes de acordo com o tipo de produto testado. Recentemente, novas abordagens e critérios complementares vem sendo desenvolvidos, a fim de nos fornecer mais informações e enriquecer a medição da palatabilidade, com foco em orientações organolépticas e nutricionais e considerando ainda a dimensão emocional do desempenho de testes de palatabilidade. Essas novas abordagens consideram não apenas as expressões comportamentais dos animais como também as interações com seus donos e finalmente a percepção dos proprietários sobre o prazer do animal de estimação frente a experiência de um novo alimento (Tobie et al., 2015).

Tobie et al. (2015) e Rogues et al. (2022) apresentaram métodos e análises complementares, que focam em comportamento, como a cinética (velocidade de alimentação, número de refeições, etc.), comportamento exploratório e linguagem corporal (papel do olfato, o hábito de lamber ou cheirar, etc.), prazer ou mesmo indicadores fisiológicos (temperatura

corporal, frequência cardíaca, etc.) para determinar as preferências alimentares em gatos ou cães.

Becques et al. (2014) avaliaram o comportamento de gatos, através de imagens por vídeos, durante dois dias de testes pelo método de duas vasilhas, com uma ração muito palatável *versus* uma ração de baixa palatabilidade. Foi observado que os gatos demandam significativamente menos tempo cheirando o alimento mais palatável, durante as duas primeiras visitas à vasilha no primeiro dia do teste, antes de consumi-la, demonstrando menos hesitação em consumir este alimento. Neste estudo, outros comportamentos como lambe ou velocidade de consumo não foram afetados pela palatabilidade do alimento testado.

No presente estudo não foi possível a avaliação do comportamento, no entanto, sabe-se que esta avaliação nos permite identificar padrões de consumo, avaliar variações individuais, reduzir o viés humano, compreender fatores externos e analisar os comportamentos associados à saciedade e satisfação (Palazzo et al., 2019).

A realização de testes de palatabilidade no ambiente doméstico levanta várias considerações éticas importantes. Assim como em centros de pesquisas, os animais utilizados devem ser tratados com respeito e consideração por seu bem-estar (CONCEA, 2019). Desta maneira, os experimentos realizados *in home* vêm como uma alternativa de garantia do bem-estar animal, pois influencia o mínimo possível no comportamento habitual do gato, além da compreensão do comportamento sem interferir na natureza dos animais. A escolha por esse método de experimentação pode representar melhor o mercado consumidor. No entanto, o delineamento experimental adotado deve ser o adequado para a garantia de resultados confiáveis e válidos (Morettin; Bussab, 2010; Battisti; Smolski, 2019).

A adoção de um delineamento mais complexo no presente experimento poderia induzir erros por parte dos executantes e principalmente pelos tutores, por isso adotamos um delineamento mais simples. Como principal consequência disso, além da falta de blocos no tempo, como é feito em laboratório, que foi evitado para facilitar o manejo, também pode ter afetado o tempo de vida de prateleira de cada tratamento, dos quais a última ração a ser testada nos últimos dias de experimento pode ter sofrido o efeito do tempo, influenciando na preferência pelos gatos.

Durante o período de realização dos testes, as rações foram acondicionadas em sacos plásticos embalados a vácuo e mantidos em formas de alumínio, o que ajudou a preservar o alimento até o fim do período experimental, uma vez que é conhecido que a oxidação de alimentos causa a alteração de aroma, sabor, cor e textura, além de causar o surgimento de

substâncias nocivas como os peróxidos, hidroperóxidos, aldeídos, cetonas, hidroxiácidos, hidrocarbonetos e polímeros (Silva et al., 2017), que afetam a qualidade nutricional e a segurança do alimento. Ainda, os tutores foram instruídos a guardar as rações ao abrigo da luz e umidade, mantendo-as em temperatura ambiente controlada.

Uma possível consequência do delineamento adotado é o poder estatístico reduzido, o que compromete a detecção de efeitos menores, tornando difícil encontrar diferenças ou relações significativas entre as variáveis estudadas (Loureiro; Gameiro, 2011). Ainda, há uma possível subestimação de efeitos, subestimando a magnitude do efeito devido à falta de controle de variáveis ou de estarem suscetíveis a vieses metodológicos que possam afetar os resultados. Mesmo que apresente suas limitações, o delineamento adotado tem como facilidade a implementação que, a primeiro passo, foi primordial para a realização do estudo.

Por fim, observamos que os testes *in home* para avaliação de alimentos por cães e gatos requerem protocolos bem estabelecidos. Ainda, identificamos variáveis que contribuem para a criação de protocolos confiáveis essenciais para a condução eficaz desses testes. Embora existam desafios para realizar testes de palatabilidade *in home*, várias estratégias podem ajudar a contorná-los

5 | Conclusões

Os testes realizados com gatos domiciliados nos mostram boa viabilidade de execução e produzem resultados que correspondem aos obtidos em painéis de gatos semitreinados.

Considerando uma margem de erro aceitável, o número ideal de gatos para um teste de palatabilidade realizado pelo método *in home* deve ser superior ao de animais em painéis treinados e depende das características do alimento e do histórico alimentar dos animais.

6 | Agradecimentos

Os autores agradecem à Biorigin Brasil pelo financiamento do projeto, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos, e aos gatos e tutores pelo interesse e participação no estudo.

7 | Referências

Aldrich, G., Koppel, K., 2015. Pet Food Palatability Evaluation: A Review of Standard Assay Techniques and Interpretation of Results with a Primary Focus on Limitations. *Animals* 5, 43–55. <https://doi.org/10.3390/ani5010043>

- Alim, A., Song, H., Yang, C., Liu, Y., Zou, T., Zhang, Y., Zhang, S., 2019. Changes in the perception of bitter constituents in thermally treated yeast extract. *J Sci Food Agric* 99, 4651–4658. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9705>
- Almeida, C.M.N., França, C.M., Sotero, M., 2023. Percepção dos tutores sobre o manejo alimentar de cães e gatos domiciliados na oferta de dieta ad libitum e controlada. *Medicina Veterinária* 27, 129.
- Alvarenga, I.C., Aldrich, C.G., Ou, Z., 2019. Comparison of four digestibility markers to estimate fecal output of dogs. *Journal of Animal Science* 97, 1036–1041. <https://doi.org/10.1093/jas/skz020>
- AOAC International. 2005. *Official Methods of Analysis* (18^a ed.). AOAC International.
- Battisti, I.D.E., Smolski, F.M.S., 2019. Delineamentos Experimentais. Disponível em: <https://smolski.github.io/livroavancado/delin.html>. Acesso em 12 de ago de 2024.
- Becques, A., Larose, C., Baron, C., Niceron, C., Féron, C., Gouat, P., 2014. Behaviour in order to evaluate the palatability of pet food in domestic cats. *Applied Animal Behaviour Science* 159, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.07.003>
- Bos, E., Hendriks, W., Beerda, B., Bosch, G., 2023. Determining the protocol requirements of in-home dog food digestibility testing. *Br J Nutr* 130, 164–173. <https://doi.org/10.1017/S0007114522003191>
- Case, L.P., Daristotle, L., Hayek, M.G., Raasch, M.F. *Canine and Feline Nutrition-E-Book: A Resource for Companion Animal Professionals*; Elsevier Health Sciences: St. Louis, MO, USA, 2010.
- CONCEA, 2019. *Diretrizes do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal*. 1^a edição, Brasília.
- FEDIAF., 2021. European Pet Food Industry Federation. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. *FEDIAF Nutritional Guidelines*, 100p.
- Griffin, R.W., 2003. Palatability testing: parameters and analyses that influence test conclusions. In: Kvamme, J.L., Phillips, T.D. (Eds.), *Petfood Technology*. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL, pp. 187–193.
- Griffin, R.W., Scott, G.C., Cante, C.J., 1984. Food preferences of dogs housed in testing-kennels and in consumers' homes: Some comparisons. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 8, 253–259. [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(84\)90049-6](https://doi.org/10.1016/0149-7634(84)90049-6)
- Koppel, K., 2014. Sensory analysis of pet foods: Sensory analysis of pet foods. *J. Sci. Food Agric.* 94, 2148–2153. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6597>
- Larose, C., 2003. Criteria to assure reliability of palatability tests. *PETS Int. Mag.* August, 14–15.

- Le Guillas, G., Vanacker, P., Salles, C., Labouré, H., 2024. Insights to Study, Understand and Manage Extruded Dry Pet Food Palatability. *Animals* 14, 1095. <https://doi.org/10.3390/ani14071095>
- Loureiro, L., Gameiro, M., 2011. Interpretação crítica dos resultados estatísticos: para lá da significância estatística. *Rev. Enf. Ref. III Série*, 151–162. <https://doi.org/10.12707/RIII1009>
- Maturana, M., Castillejos, L., Martin-Orue, S.M., Minel, A., Chetty, O., Felix, A.P., Adib Lesaux, A., 2023. Potential benefits of yeast *Saccharomyces* and their derivatives in dogs and cats: a review. *Front. Vet. Sci.* 10, 1279506. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1279506>
- Morettin, P.A., Bussab, W.O., 2010. *Estatística Básica*. 6ª edição. Editora Saraiva, São Paulo.
- Palazzo, C.C., Meirelles, C.D.S., Japur, C.C., Diez-Garcia, R.W., 2019. Gosto, sabor e paladar na experiência alimentar: reflexões conceituais. *Interface (Botucatu)* 23, e180078. <https://doi.org/10.1590/interface.180078>
- Rogues, J., Csoltova, E., Larose-Forges, C., Mehinagic, E., 2022. Sensory evaluation of pet food products, in: *Nonfood Sensory Practices*. Elsevier, pp. 313–329. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821939-3.00011-7>
- Samant, S.S., Crandall, P.G., Jarma Arroyo, S.E., Seo, H.-S., 2021. Dry Pet Food Flavor Enhancers and Their Impact on Palatability: A Review. *Foods* 10, 2599. <https://doi.org/10.3390/foods10112599>
- Silva, A., Ariane Pena, S., Gomes De Assis, F., Montefoglia, N., Dalcin Castilha, L., Tavares Nascimento, S., Souza Vasconcellos, R., 2017. Estabilidade oxidativa e qualidade de bifeinhos para cães formulados com antioxidante natural. *Pubvet* 11. <https://doi.org/10.22256/PUBVET.V11N2.130-137>
- Tobie, C., Péron, F., Larose, C., 2015. Assessing Food Preferences in Dogs and Cats: A Review of the Current Methods. *Animals* 5, 126–137. <https://doi.org/10.3390/ani5010126>
- Watson, P.E., Thomas, D.G., Bermingham, E.N., Schreurs, N.M., Parker, M.E., 2023. Drivers of Palatability for Cats and Dogs—What It Means for Pet Food Development. *Animals* 13, 1134. <https://doi.org/10.3390/ani13071134>
- Weber, M.P., Biourge, V.C., Nguyen, P.G., 2017. Digestive sensitivity varies according to size of dogs: a review. *Animal Physiology Nutrition* 101, 1–9. <https://doi.org/10.1111/jpn.12507>
- Xu, J., Verbrugghe, A., Lourenço, M., Cools, A., Liu, D.J.X., Van De Wiele, T., Marzorati, M., Eeckhaut, V., Van Immerseel, F., Vanhaecke, L., Campos, M., Hesta, M., 2017. The response of canine faecal microbiota to increased dietary protein is influenced by body condition. *BMC Vet Res* 13, 374. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1276-0>

CAPITULO IV

RELAÇÃO ENTRE A PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE GATOS E ATRIBUTOS SENSORIAIS EM ALIMENTOS EXTRUSADOS CONTENDO EXTRATO DE LEVEDURA

Artigo redigido conforme as normas da revista *Journal of Animal Science and Biotechnology*.

Relação entre a preferência alimentar de gatos e atributos sensoriais em alimentos extrusados contendo extrato de levedura

Ingrid Caroline da Silva^{1*}, Bruna Aparecida Moreira da Silva¹, Renan Gustavo da Luz¹, Josiane Aparecida Volpato¹, Stéfane Lele Rossoni², Ricardo Souza Vasconcellos¹

¹Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Paraná, Brasil.

²Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Estatística, Paraná, Brasil.

Email: *ingrid_caroline95@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar a palatabilidade de alimentos extrusados para gatos, com diferentes níveis de inclusão 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1,0% de extratos de levedura, analisando o impacto de compostos voláteis, produtos da reação de *Maillard*, textura, cor, pH, Aw e umidade. Foram testados 36 alimentos utilizando o método de duas vasilhas para avaliar a preferência alimentar. A análise incluiu estatísticas descritivas das diferenças entre características das rações e uma análise de correlação canônica para identificar fatores associados às preferências dos animais, diferenciando entre a ração controle (RI A) e as alternativas (RI B). O composto hidroximetilfurfural (HMF) foi detectado em níveis elevados em todas as dietas. Observou-se que menores valores de características como umidade, dureza e cor “a” nas rações alternativas aumentam a preferência por RI A, enquanto diferenças maiores na cor A também favorecem RI A. Para o ácido metilbutanoico, houve grande variabilidade, com *outliers* preferindo RI B quando os valores das alternativas eram menores que o controle. Concluiu-se que o HMF é mais presente nas dietas com extratos de levedura, e que as características físico-químicas da dieta podem influenciar nos resultados quanto aos testes de preferência alimentar, embora haja variabilidade nos dados, como observado para o ácido metilbutanoico.

Palavras-chave

Análises sensoriais; Aroma; Compostos voláteis, Palatabilidade, Reação de *Maillard*.

Abstract

This study aimed to evaluate the palatability of extruded cat foods containing different inclusion levels of yeast extracts (0.25%, 0.50%, 0.75%, and 1.0%), analyzing the impact of volatile compounds, *Maillard* reaction products, texture, color, pH, water activity (Aw), and moisture. A total of 36 diets were tested using the two-bowl method to assess food preference. The analysis included descriptive statistics of the differences among feed characteristics and a canonical correlation analysis to identify factors associated with animal preferences, distinguishing between the control diet (Intake Ratio A) and the alternatives (Intake Ratio B). The compound hydroxymethylfurfural (HMF) was detected at high levels in all diets. It was observed that lower values of attributes such as moisture, hardness, and “a” color component in the alternative diets increased preference for IR A, while greater differences in the “A” color component also favored IR A. For methyl butanoic acid, considerable variability was observed, with outliers favoring IR B when the values in the alternative diets were lower than those in the control. It was concluded that HMF is more prevalent in diets containing yeast extracts, and

that the physicochemical characteristics of the diets may influence food preference test outcomes, although variability exists in the data, as observed with methyl butanoic acid.

Key-words

Sensory analysis; Aroma; Volatile compounds, Palatability, Maillard reaction.

1. Introdução

Uma dieta adequada não deve apenas fornecer todos os nutrientes essenciais, mas também deve considerar a boa aceitação pelo animal. Mesmo que uma dieta ofereça os nutrientes necessários para promover a saúde, se não for palatável, pode ser rejeitada e comprometer o consumo adequado de energia e nutrientes. A aparência, aroma, textura e sabor são atributos sensoriais determinantes para a aceitação de alimentos para animais de estimação (Koppel, 2014). Desta maneira, considerar as características sensoriais são extremamente relevantes durante o desenvolvimento e produção de *Pet Food*, e a indústria é desafiada a encontrar um equilíbrio entre palatabilidade e qualidade nutricional (Becques et al., 2014).

A palatabilidade pode ser definida como o grau de aceitação ou agrado que um animal demonstra em relação a um alimento, e é influenciada por características sensoriais como aroma, sabor, textura e até mesmo aparência. Fatores como a adição de palatabilizantes, qualidade dos ingredientes, e o processo de fabricação podem influenciar a aceitação do animal pelo alimento (Koppel, 2014).

Para aceitação de um alimento pelo animal, o aroma tem papel fundamental pois os componentes químicos atuam nos receptores olfativos localizados na cavidade nasal, sendo o aroma um conjunto de estímulos olfativos oriundos dos alimentos em conjunto com o ambiente circundante (Ilias et al., 2022). Cães e gatos apresentam o órgão vomeronasal ou de Jacobson localizado no céu da boca, que apresenta um ducto que conecta o nariz e a boca. Este órgão está situado ao longo da base da cavidade nasal, com um comprimento médio de 15 mm, abre-se na boca através do ductovomeronasal na fase lateral dos dentes incisivos, através do septo lateralmente ao nariz (Salazar et al., 1996; Chung et al., 2018) e é responsável por detectar e aprimorar a detecção olfativa (Aldrich; Koppel, 2015). A sensibilidade olfativa nessas espécies é mais desenvolvida do que em humanos, enquanto que a sensação do paladar evoluiu mais nos humanos (Koppel, 2014).

Humanos apresentam cerca de 3-4 cm² de epitélio olfativo, enquanto que os cães e os gatos cerca de 18-50 cm² e 21 cm², respectivamente, incluindo vários neurônios relacionados ao sistema olfativo (Hand et al., 2000). Em particular, os gatos possuem um sentido olfativo que não é avançado em comparação aos cães, que o utilizam para busca e rastreamento. Em

gatos, o sistema olfativo está programado para procurar aromas novos e não confiáveis. Sobretudo, cheiram intensamente os alimentos para avaliar o seu frescor e qualidade (Aldrich; Koppel, 2015).

Com o aumento da produção e comercialização de alimentos comerciais para animais de estimação, surgiu a necessidade de aprimorar os ingredientes e matérias-primas utilizados. Para isso, foram desenvolvidos ingredientes específicos com a função de melhorar as características organolépticas das rações, como os intensificadores de sabor, um tipo de aditivo não nutricional que, ao ser adicionado à ração, potencializa sua palatabilidade, estimulando o apetite e aumentando a ingestão de alimento pelos animais (Chen et al., 2017; Sun et al., 2022).

As leveduras e seus derivados já são ingredientes conhecidos por seu efeito intensificador de sabor em alimentos para animais de estimação, além disso, têm sido utilizados por diferentes razões em *Pet Food*, incluindo fonte de nutrientes, melhora na textura ou digestibilidade da dieta. Tais ingredientes contribuem para a palatabilidade dos alimentos devido à presença de aminoácidos livres, como o ácido glutâmico, que proporciona o sabor umami. Além disso, os nucleotídeos presentes nos extratos também ajudam a melhorar o sabor, tornando os alimentos mais atrativos para cães e gatos (Maturana et al., 2023).

Os extratos de levedura podem ter notas de carne, amanteigado ou vegetal, e essas diferenças nos sabores são dependentes dos métodos de utilização para sua preparação, afetados pelas interações entre aminoácidos, nucleotídeos, carboidratos e peptídeos presentes nos extratos, e na produção de compostos voláteis (Tomé, 2021). Apesar de numerosos, os estudos sobre a formação de compostos aromáticos de extratos de levedura, sua estrutura molecular, condições adequadas para sua produção, número de peptídeos produzidos e as relações com o sabor dos alimentos ainda são controversas e obscuras (Alim et al., 2019).

Os diferentes tipos de extratos de levedura, resultantes de diferentes processos de produção, variam em seu perfil de compostos voláteis (Alim et al., 2018; Wang et al., 2020). A diversidade e complexidade dos compostos encontrados nos extratos de leveduras dependem do processo e do sistema alimentar e incluem álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos, cetonas, ácidos, ésteres, furanos e compostos heterocíclicos, incluindo pirazinas (Alim et al., 2018; Raza et al., 2019).

Ainda, o controle das reações de *Maillard* pode contribuir com a produção de diferentes sabores, como frango ou outros sabores de carne. As propriedades sensoriais dos extratos são fortemente afetadas por processos de evaporação e secagem, durante a qual são formados

compostos de *Maillard*. Além disso, regular as condições de processo de fabricação também afeta a cor dos extratos, de branco a marrom (Tomé, 2021).

Já foi evidenciado que os extratos de leveduras, devido sua composição e compostos voláteis, apresentam características sensoriais agradáveis para gatos, contribuindo com um efeito positivo sobre a palatabilidade da dieta. Como o aroma parece ser o sentido mais importante, usado como primeira impressão sobre o alimento a ser consumido (Padodara; Jacob, 2014), os compostos voláteis são necessários para garantir maior atratividade e consumo do alimento. Sendo assim, o estudo dos compostos voláteis presentes nos extratos de levedura contribui com melhor entendimento sobre as preferências alimentares dos gatos.

Desta maneira, os estudos indicam que a adição de extratos de levedura pode ser especialmente eficaz em melhorar o sabor de rações para cães (Bill Kaelle et al., 2022; Bastos et al., 2023), no entanto, com resultados controversos para gatos, com algumas formulações não sendo tão bem aceitas (Santos et al., 2018; De Oliveira Matheus et al., 2021). Desta maneira, este trabalho propõe avaliar a palatabilidade de diferentes extratos de levedura, em seus diferentes níveis de inclusão, determinando o impacto dos compostos voláteis, produtos da reação de *Maillard*, textura, cor, pH, Aw e umidade sobre a palatabilidade em alimentos extrusados para gatos domésticos, por meio de uma abordagem estatística multivariada.

2. Material e Métodos

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) (protocolo nº 9899170724).

As dietas foram processadas na Fábrica de rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal (FCAV/UNESP), São Paulo/Brasil. As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA/UEM), Laboratório de Análise Físico-Químicas em Águas e Alimentos da Universidade Estadual de Maringá (CCQ/UEM) e Laboratório de Análises Agropecuárias (GAF/UEM). Os testes de palatabilidade foram realizados no gatil do Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Felinos Domésticos, localizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI/UEM).

2.1. Design Experimental

O teste de palatabilidade foi realizado através da avaliação de preferência alimentar, pelo método de duas vasilhas, conforme descrito por Griffin (2003).

Foram analisados 36 alimentos, testados em ensaios de preferência alimentar pelo método das duas vasilhas, utilizando-se 20 gatos em cada ensaio, com os dados das características sensoriais das rações (produtos da reação de *Maillard*, compostos voláteis, textura, cor, pH, Aw e umidade), apresentados na forma das diferenças entre o valor da ração alternativa (RB) e o valor da ração controle (RA).

2.2. Processamento das Dietas

Uma dieta controle negativo (CN) foi formulada para gatos adultos em manutenção do peso corporal, conforme as recomendações do FEDIAF (2021). A partir desta, foram elaborados os demais tratamentos, sendo trinta dietas com diferentes extratos de leveduras (Biorigin/Brasil) adicionados na mistura pré-extrusão, nos níveis de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1,00%, e seis dietas com extratos de levedura adicionados por cobertura a 0,5%.

As dietas foram processadas em momentos distintos, seguindo o cronograma dos testes de palatabilidade, conforme necessidade de uso, que foi essencial para assegurar que estivessem sempre frescas e com boa qualidade, uma vez que foram vários os testes de palatabilidade, o que poderia comprometer a qualidade nutricional e sensorial das dietas que fossem analisadas com um tempo maior de processamento. Desta maneira, a dieta CN foi feita para cada teste de palatabilidade, seguindo a mesma formulação, e as dietas com inclusão de extratos de leveduras produzidas conforme utilizadas.

Para inclusão dos extratos na mistura pré-extrusão, estes foram inicialmente diluídos em milho moído e homogeneizadas em misturador tipo Y. Após esta pré-diluição e pré-mistura, foram adicionados no misturador juntamente com o restante dos ingredientes. A mistura foi moída em moinho de martelos, equipado com peneira de furos de 0,9 mm (Tigre, São Paulo, SP, Brasil). Em seguida, as rações foram processadas em extrusora (Manzoni, MEX- 250, Campinas, SP, Brasil).

Após a extrusão, os *kibbles* foram secos em um secador de ar forçado a 110°C, com duas esteiras com malha de aço, por aproximadamente 20 min. Após a saída do secador, procedeu-se o engorduramento com óleo de frango a 10% e palatabilizante líquido a 1%.

Para o preparo das dietas com os extratos de levedura por cobertura, após passagem pelo secador, as rações foram recobertas com óleo de frango a 10%, palatabilizante líquido a 1% e extrato de levedura a 2%.

2.3. Teste de palatabilidade

Foram selecionados 20 gatos adultos, machos e fêmeas, vacinados, vermifugados e castrados, com idade entre 4 e 9 anos e peso corporal de $4,36 \pm 0,20$ kg. Os animais receberam 60g de cada alimento teste, fornecidos nos potes identificados (A e B), em que cada um continha um tratamento diferente para determinação da primeira escolha de olfato e paladar, determinados na primeira refeição do dia e cálculo da razão de ingestão (IR) entre as dietas em cada ensaio, ao final do dia, em que considera-se o consumo de uma ração em relação ao consumo total, através da fórmula: $IR (\%) = \text{consumo da dieta A} / (\text{consumo da dieta A} + \text{consumo da dieta B})$. Sendo dois dias por desafio, em que o primeiro dia é de adaptação e o segundo para coleta de dados.

O tamanho e cor dos potes eram iguais, em ambos os testes, de maneira a eliminar qualquer possível interferência por fatores externos ao alimento. Durante o período experimental, os gatos recebiam o alimento diário em quatro refeições diárias, alojados em gaiolas individuais de 30cm x 40cm x 40cm e mantidos por aproximadamente 20 minutos por refeição, sendo nos horários 08h; 10h; 14h e 16h, e na terceira refeição do dia inverteu-se a posição dos potes.

2.4. Análises Laboratoriais

2.4.1. Composição bromatológica das dietas

A composição bromatológica da dieta CN foi determinada após a cobertura por óleo de frango e palatilizante. Determinou-se o teor de umidade (método 930.15), proteína bruta (método: 954.01), extrato etéreo por hidrólise ácida (método: 954.02), cinzas (método: 942.05) e fibra bruta (método: 978.10), de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2005). Os extrativos não nitrogenados foram determinados pela diferença entre 100% e os demais nutrientes analisados em cada dieta. A composição bromatológica analisada da dieta CN pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1. Composição de ingredientes e bromatológica analisada da dieta controle negativa.

Ingrediente (%)	CN
Milho Grão	38,43
Farinha de Visceras de aves	18,80
Farelo de Soja 45%	10,00
Far, Glúten de milho 60	10,00
Quirera de Arroz	10,00
Gordura de aves	6,15
Casca de Soja	2,56
Palatabilizante líquido	1,00
Calcário	0,56
Ácido Fosfórico	0,50
Premix	0,50
Sal Comum	0,50
Cloreto de Colina	0,48
Cloreto de Potássio	0,26
Antifúngico	0,15
Antioxidante	0,15
Taurina	0,15
Extrato Biorigin ¹	0,00
Composição bromatológica analisada	
Matéria Seca (%)	93,24
Atividade da Água (Aw)	0,20
Valores em base de Matéria Seca	
Proteína Bruta (%)	32,96
Extrato Etéreo por Hidrólise Ácida (%)	12,70
Cinzas (%)	4,79
Fibra Bruta (%)	2,47
Extrato não nitrogenado (%)	47,08
Energia Bruta (kcal/kg)	4.535,5

¹Extrato de Leveduras Biorigin.

2.4.2. Umidade, Atividade da água e pH

A umidade (método 930.15) e atividade de água (Aw) foram determinadas pelo método de ponto de Orvalho (método 978.18) (Aqualab 4TE, Decagon Devices, Inc, USA) em todas as dietas.

Para análise de pH, 10 g de amostra moída foi diluída em 100 ml de água destilada e mensurado em pHmêtro digital (AOAC, 2005) (Novatecnica, NT PHM, SP, Brasil).

2.4.3. Textura e cor

O perfil de textura foi realizado utilizando um Brookfield Textura Analyzer CT-III (Brookfield Engineering Laboratories, In., Middleboro, EUA). Foi utilizada uma força de disparo de 2500 g, velocidade de 2 mm/s e distância de compreensão de 3 mm com probe de cisalhamento tipo lâmina. Foi analisada a dureza de 20 *kibbles* inteiros por tratamento (AACC, 2000).

A cor foi determinada com colorímetro digital (CR-400 Konica Minolta, fonte de luz D65) utilizando o sistema CIELab. L* (luminosidade), a* (-a verde/+a vermelho) e b* (-b azul/+b amarelo).

2.4.4. Produtos da reação de *Maillard*

Para análise dos produtos da reação de *Maillard*, as amostras foram desengorduradas através do método Soxhlet. 100 mg foram dissolvidos em 5 mL de HCl 6 mol/L, secos em estufa por 23 horas a 120°C, em seguida, filtrados (0,2 µm) em vials para análise de Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplado à Espectrometria de Massas (UPLC-MS). As amostras foram injetadas em um sistema Acquity UPLC® (Milford, MA, EUA), acoplado a um espectrômetro de massa triplo quadrupolo Acquity TQDTM (Milford, MA, EUA) e equipado com uma fonte de ionização Waters Zspray™ (ESI) (Milford, MA, EUA). As fases móveis foram compostas por água ultrapura com NFPA 5mM (A) e acetonitrila (B). As curvas de calibração foram construídas usando o melhor ajuste de três determinações replicadas por nível de concentração com nove pontos de concentração. Os dados foram processados utilizando o software MassLynx™ 4.1 (Milford, MA, EUA) e os resultados foram expressos em mg/kg.

2.4.5. Compostos Voláteis

A análise de compostos voláteis foi adaptada de (Ebeler et al., 2000; Liu et al., 2012; Lampi et al., 2015; Paolini et al., 2022). Em um tubo de vidro foram pesadas 2,0 g de amostra de ração (moída) dissolvidas em 4 mL de Acetato de etila. A mistura foi colocada em ultrassom por 20 min em uma temperatura de 40°C, em seguida, o sobrenadante foi filtrado com papel filtro com poros de 0,22 µm antes de serem injetados no Cromatógrafo Gasoso acoplado a Ionização de Chama (CG-DIC).

A análise cromatográfica foi realizada em um cromatógrafo (Schimadzu GC-2010 Plus, Kyoto, Japão) equipado com um detector DIC, sistema de injeção de amostra *split/splitless* e

uma coluna capilar de sílica fundida (CP-Wax CB, 30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,50 μm). As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 250°C. O gás hidrogênio (H_2), com fluxo constante de 1,2 mL min^{-1} , foi usado como gás de arraste e o nitrogênio (N_2) como gás auxiliar (make-up) com fluxo de gás de 30 mL min^{-1} . A chama foi produzida no detector utilizando H_2 e ar sintético, com vazões de 40 e 400 mL min^{-1} , respectivamente. As amostras foram injetadas em modo *split*, com proporção de 1:40 e volume de injeção de 1,0 μL . Os compostos voláteis foram identificados comparando-se o tempo de retenção dos constituintes das amostras com os de um padrão analítico e analisados em triplicata.

2.5. Análise Estatística

Os dados referentes às análises físico-químicas das dietas foram correlacionados com a RI-B, por meio de correlação simples pelo Teste de Pearson ($P < 0,05$) e são apresentadas na forma de tabela, com o valor médio, mínimo e máximo.

Para análise estatística, a preferência pela ração controle é denominada RI-A e a preferência pelas demais RI-B. O experimento totaliza 36 observações. Os dados a respeito das características das rações são apresentados na forma das diferenças entre o valor da ração alternativa e o valor da ração controle. Para a análise, foram realizadas estatísticas descritivas por meio de medidas-resumo das diferenças calculadas em cada característica das rações, bem como uma análise de correlação canônica para identificar quais fatores estão relacionados às preferências de palatabilidade dos animais, interferindo na escolha pelo controle (RI A) ou pelas demais rações (RI B).

3. Resultados

A tabela 2 mostra os valores médio, mínimo e máximo encontrados em cada uma das análises realizadas em cada uma das dietas. Observa-se que dentre os compostos de *Maillard*, o Hidroximetilfurfural (HMF) foi encontrado em maiores níveis, e dentre os compostos voláteis, o mais abundante foi o Hexanal, seguido do Benzaldeído e Ácido Angélico.

A figura 1 representa o *biplot* da análise de correlação canônica, considerando todas as características das rações. Apesar de haver uma partição entre as variáveis, apontando relação ao grupo que preferiu RI A ou RI B, é importante lembrar que este resultado pode não ser interpretável devido à não-significância do teste de Análise Multivariada da Variância (MANOVA).

Na figura 1 observamos que, para as características de cor A, dureza, umidade, Aw, hexanal, tetradecano, furanometanol e oftaldeído, quanto menores os valores da ração alternativa (RI B) em comparação ao controle (RI A), maior a preferência dos animais pela ração RI A. Por outro lado, para as demais características, quanto maiores os valores da ração alternativa em relação ao controle, maior a tendência de preferência pela ração RI B.

Tabela 2. Análises Comparativas das Dietas: Médias, Máximas, Mínimas e Correlações entre a variável em questão e a razão de ingestão maior do que 0,5 para o alimento.

Análise	Média	Mínima	Máxima	Correlação/RI
Ácido angélico (mg/kg)	0,75	0,00	2,12	0,62
Nonenal (mg/kg)	0,40	0,03	1,20	0,59
Oftaldeído (mg/kg)	0,20	0,05	0,75	0,58
1,2 etanoditiol (mg/kg)	0,49	0,05	1,80	0,57
3-metil 1-butanol (mg/kg)	0,05	0,01	0,15	0,39
Pirazina (mg/kg)	0,20	0,03	0,72	0,38
CML (mg/kg)	4,50	4,03	5,78	0,34
FUR (mg/kg)	4,49	0,57	13,24	0,32
Hexanal (mg/kg)	3,27	0,36	5,25	0,31
LAL (mg/kg)	15,74	1,95	90,51	0,30
Umidade (%)	4,89	3,01	6,42	0,29
2,4 Decadienal (mg/kg)	0,34	0,01	1,94	0,26
Benzaldeído (mg/kg)	0,75	0,01	2,00	0,23
Cor a	3,00	2,25	3,77	0,18
Aw	0,39	0,21	0,51	0,10
3-metilheptano (mg/kg)	0,05	0,02	0,24	0,09
3-furanometanol (mg/kg)	0,24	0,02	0,97	0,09
Estireno (mg/kg)	0,10	0,00	0,42	0,03
Dureza (g)	3651,89	3252,00	4885,25	0,02
Tetradecano (mg/kg)	0,04	0,01	0,18	-0,15
Ácido 3-metilbutanoico (mg/kg)	0,20	0,01	1,05	-0,15
1,2,3 trimetilbenzeno (mg/kg)	0,30	0,02	1,78	-0,33
pH	5,64	5,51	5,76	-0,36
HMF (mg/kg)	332,09	26,60	946,13	-0,46
Cor L	56,66	44,24	66,22	-0,49
Cor b	22,70	15,96	25,44	-0,52
Octanal (mg/kg)	0,29	0,03	1,25	-0,61
3-metil propanoaldeído (mg/kg)	0,09	0,04	0,14	
Heptano (mg/kg)	0,09	0,08	0,11	

MS – dados na Matéria Seca; Aw – Atividade da Água; FUR – Furosina; HMF – Hidroximetilfurfural; CML – Carboximetil lisina; LAL – Lisinoalanina.

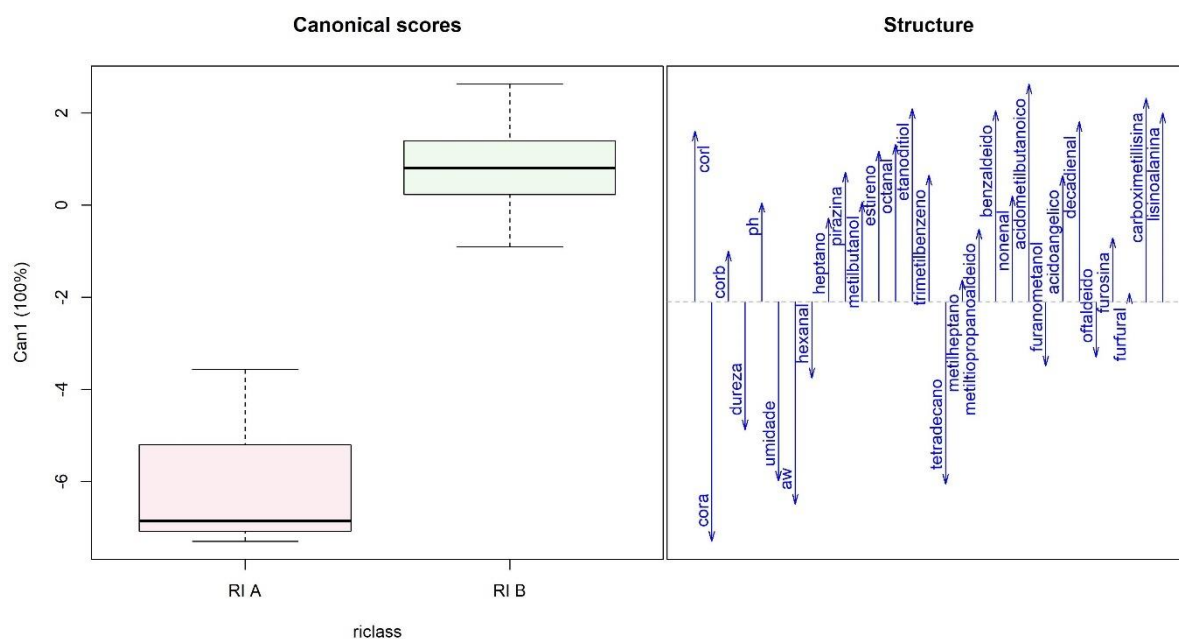


Figura 1. Análise de Correlação Canônica das características das rações alternativas quando a ração controle (RI A) ou ração alternativa (RI B) é escolhida em mais de 50% das vezes.

A figura 2 apresenta um *biplot* da análise de correlação canônica, considerando apenas as características com valor- $p < 0,20$ no teste de MANOVA bivariado. Embora as variáveis pareçam se dividir em grupos associados à preferência por RI A ou RI B, é importante observar que esses resultados podem não ser conclusivos devido à ausência de significância estatística no teste de MANOVA.

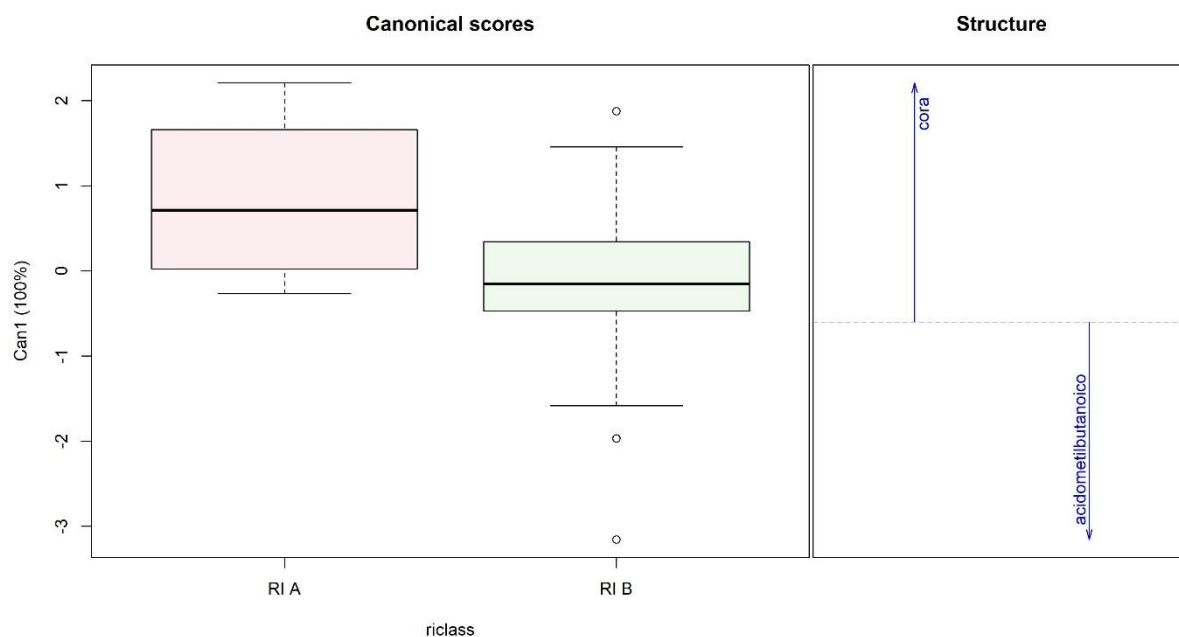


Figura 2. Análise de Correlação Canônica das características das rações alternativas quando a ração controle (RI A) ou ração alternativa (RI B) é escolhida em mais de 50% das vezes, apenas para as características com valor- $p < 0.20$ no teste de MANOVA Bivariado.

A figura 2 mostra que, para a característica cor A, quanto maior a diferença entre a ração alternativa (RI B) e a controle (RI A), maior é a preferência dos animais pela ração RI A. Por outro lado, no caso do ácido metilbutanoico, há grande variabilidade nos resultados, incluindo *outliers* que preferiram RI B quando os valores da ração alternativa (RI B) eram menores que os do alimento controle (RI A).

4. Discussão

Avaliar o impacto dos extratos de leveduras na palatabilidade de dietas para gatos é fundamental para o desenvolvimento de alimentos que sejam não apenas nutricionalmente adequados, mas também atrativos. A palatabilidade influencia diretamente a aceitação do alimento, garantindo que os gatos consumam as quantidades necessárias dos nutrientes para atender suas necessidades nutricionais.

Os estudos realizados com cães e gatos, utilizando extratos de levedura, têm se concentrado principalmente em digestibilidade e palatabilidade (Swanson et al., 2002). Ao avaliar a palatabilidade de rações contendo pirofosfato de sódio *versus* extrato de levedura, isoladamente ou combinados, por meio de testes de preferência por confronto direto entre duas rações, os gatos demonstraram preferência pela mistura contendo pirofosfato de sódio e extrato de levedura (Oliveira et al., 2016). O que corrobora com nossos achados, pois em todos os testes de palatabilidade, pelo método de preferência, os gatos demonstraram preferir as dietas com inclusão de extratos de leveduras.

Já é conhecido que extratos de levedura atuam como intensificadores de sabor em alimentos, devido à presença de compostos que potencializam o sabor, como o ácido glutâmico, que ativa receptores para o sabor umami, tornando a dieta mais atrativa. Neste contexto, os produtos de *Maillard*, formados através de uma reação química entre aminoácidos e açúcares redutores em alimentos durante o aquecimento, resultam na produção de sabores difere'ntes e uma cor marrom, que estão associados à diminuição da digestibilidade da proteína, mas aumento da palatabilidade (Tamanna; Mahmood, 2015). Dentre os produtos de *Maillard* analisados, o composto Hidroximetilfurfural (HMF) foi encontrado em maiores concentrações em todas as dietas. O HMF é gerado via reação de *Maillard* e caramelização, principalmente durante o processamento térmico dos alimentos para atingir a cor, sabor e aroma desejados. No que diz respeito aos compostos aromáticos gerados pelo HMF, os primários são furanos, piridinas, pirróis, aldeídos, cetonas e ésteres (Xiong et al., 2024). Desta forma, já era esperado encontrar o HMF nas rações e nos extratos de leveduras, pois é conhecido que este composto

está amplamente presente em alimentos ricos em carboidratos, incluindo produtos assados, café, suco e mel (Choudhary et al., 2021).

O processamento dos extratos de levedura com a reação de *Maillard* permite a produção de uma variedade de sabores, como umami, salgado, carnudo e outros sabores, derivados principalmente dos aminoácidos e peptídeos (Alim et al., 2019), o que permitiu o uso de distintos extratos de leveduras testados neste trabalho. Os compostos químicos responsáveis por conferir alguns dos vários sabores dos extratos de levedura que já foram descritos como, sabor cárneo, derivado de 2-metil-3-furanometanol, 2-metil-3-metilditiofurano, e compostos contendo nitrogênio, como pirazinas e furanos; aroma de cozimento, derivado de 2-furanometil-mercaptano e 4-hidroxi-2,5-dimetil-3-furanona (Festring; Hofmann, 2010); sabor cremoso, proveniente de 2,3-butanodiona; sabor de nozes de trimetilpirazina; e sabor de chocolate, a partir de 3-metilbutiraldeído (Lin et al., 2014).

Mesmo que os extratos de levedura produzidos por métodos diferentes tenham sabores e aromas característicos, essas propriedades parecem estar intimamente relacionados com os vários compostos contendo nitrogênio produzidos pela reação de *Maillard* (Wei et al., 2019), mas o sabor ou aroma resultante dessa reação pode ser modificado alterando as condições de reação, como pH, concentração de sal, concentração de peptídeo, composição e o tipo de açúcar (glicose, frutose ou sacarose) (Yang et al., 2012). Os produtos intermediários feitos de extrato de levedura usando a reação de *Maillard* geralmente inclui compostos voláteis e não voláteis. Os compostos não voláteis são substâncias geralmente derivados de aminoácidos, enquanto as substâncias voláteis incluem derivados de álcoois, éteres, compostos de enxofre e aldeídos (Cerny, 2008).

Em extratos de leveduras já foram relatados 48 compostos responsáveis pelas características aromáticas, incluindo aldeídos, cetonas, álcoois, furanos e pirazinas (Zheng et al., 2020). Neste trabalho, analisamos 18 compostos voláteis, classificados como aldeídos (hexanal, octanal, nonenal, 3-metil propanoaldeído, benzaldeído, 2,4 decadeinal e oftaldeído), alcanos (heptano, tretadecano e 3-metilheptano), tiol (1,2 etanoditiol), ácido carboxílico (ácido angélico e ácido 3-metil butanoico), álcoois (3-metil 1-butanol e 3- furanometanol) e aromáticos (pirazina, 1,2,3-trimetilbenzeno e estireno), sendo de maior prevalência o hexanal, benzaldeído, olfaldeído e ácido angélico. Esses compostos são aldeídos, com exceção do ácido angélico que se refere a um ácido carboxílico, são conhecidos por suas fragrâncias, e têm ampla aplicação na indústria alimentícia.

Os aldeídos hexanal e benzaldeído foram os compostos mais abundantes, encontrados no trabalho realizado por Koppel et al. (2013), e muitas vezes contribui para o aroma de notas verdes e óleo de amêndoa, respectivamente, compostos estes que também foram encontrados em abundância em nosso estudo. Ainda, o hexanal, octanal, nonenal e 2,4 decadienal são produtos comuns de oxidação lipídica e também foram encontrados em algumas das amostras em quantidades menores. Por isso, controlar a temperatura de processamento e secagem dos alimentos foi essencial para que a quantidade de compostos provenientes do processo oxidativo fossem controladas.

Outro composto, o oftaldeído ou 2-hexenal, foi identificado em todas as nossas amostras, sendo caracterizado por um aroma característico de grama cortada ou fresca, frequentemente descrito como tendo notas verdes ou herbáceas, todavia, no trabalho de Koppel et al. (2013) não foi detectado em nenhuma das 14 amostras de alimentos para cães. Por fim, o ácido angélico tem como atributo aromático conferir um doce, frutado e floral, frequentemente descrito como similar a frutas maduras ou com uma nuance de laranja. Em produtos de *Pet Food*, o ácido angélico pode adicionar uma nota doce ou cítrica ao perfil olfativo (Schreier, 1994). Apesar das correlações simples apresentadas (Tabela 2), para o composto oftaldeído o valor de P não foi significativo ($P = 0,08$), e ao observarmos o conjunto como um todo (Figura 1), considerando o efeito dos compostos e características físico-químicas, obtivemos resultados diferentes, mas que também não foram significativos, sugerindo que não existe relação entre o composto e a RI.

Durante o tratamento térmico das dietas, o HMF foi produzido, no entanto, o seu mecanismo de formação não está totalmente compreendido devido à complexidade do processo de reação e sua susceptibilidade a fatores externos, todavia, existem dois caminhos reconhecidos. O primeiro envolve a desidratação das hexoses sob fortes condições ácidas, resultando em HMF (Xiong et al., 2024). A segunda via para a produção de HMF ocorre como parte da reação de *Maillard*. Nesse processo, açúcares redutores, como maltose ou glicose, reagem com o grupo amino livre de aminoácidos, como a lisina (Delgado-Andrade et al., 2010). Inicialmente, essa interação forma uma base de Schiff, que é convertida em um composto chamado Amadori por meio do rearranjo de Amadori (Choudhary et al., 2021). Esse composto passa por enolização nas posições 1,2, seguido da eliminação de grupos hidroxila na posição C3, gerando 3-DG e água. O 3-DG, por sua vez, sofre desidratação para formar 3,4-DGE, que finalmente se transforma em HMF (Capuano; Fogliano, 2011).

As propriedades texturais dos alimentos para animais de estimação são em grande parte determinadas pelo seu teor de umidade. Alimentos secos para animais de estimação, com níveis de umidade entre 8% e 9%, são normalmente mais crocantes (Samant et al., 2021). Sendo assim, a textura e a consistência dos alimentos para animais de estimação também desempenham um papel importante na palatabilidade. Alimentos com texturas atraentes, como *kibbles* crocantes ou pedaços tenros, têm maior chance de serem preferidos pelos animais em comparação com alimentos com texturas desagradáveis. A manipulação da textura dos alimentos por meio de técnicas de processamento pode impactar significativamente a experiência sensorial dos animais e a aceitação dos alimentos (Kumar et al., 2024).

Os gatos tem por hábito alimentar mordiscar e dar mordidas menores se comparados aos cães, podendo ser mais sensíveis à textura e forma dos alimentos (Le Guillas et al., 2024). Ainda, a temperatura do alimento também afeta as preferências alimentares dos gatos (Eyre et al., 2022). Em nosso estudo, esse parâmetro não foi avaliado, no entanto, todas as dietas foram armazenadas em temperatura ambiente (25°C a 30°C), em bombonas plásticas até o momento da realização dos testes.

O efeito da temperatura do alimento foi percebida em estudo realizado por Eyre et al. (2022), em que os gatos receberam pedaços ao molho a 6°C, 21°C e 37°C, mas preferiram o alimento com a temperatura mais quente (37°C). Isso se deve, possivelmente, à intensidade de sabor aprimorada pelo calor (Eyre et al., 2022).

A Lisinoalanina (LAL) tem sido descrita como um dos fatores que influenciam negativamente a qualidade nutricional de alimentos processados, das rações e a palatabilidade, pois pode contribuir com notas amargas ou desagradáveis (Zhang et al., 2021). Isso está relacionado, por um lado, ao bloqueio da lisina, dificultando a clivagem pela proteinase intestinal tripsina (Olsen et al., 2004) e, por outro lado, à perda de aminoácidos porque as reações de modificação são irreversíveis (Van Rooijen et al., 2013). A formação ou oxidação da lisinoalanina pode resultar no comprometimento da digestibilidade da proteína e, portanto, na diminuição do valor nutricional (Van Rooijen et al., 2013). Como a lisina é um aminoácido essencial, o conhecimento sobre as perdas durante o processamento do alimento é importante para definir se a suplementação é necessária para produzir uma ração completa para animais de estimação (Wehrmaker et al., 2022).

A literatura científica destaca que o aquecimento dos alimentos favorece a volatilização dos compostos voláteis, intensificando os aromas percebidos. A formação dos produtos da reação de *Maillard* e dos compostos voláteis é influenciada por fatores como teor de umidade,

temperatura, tempo de processamento, pH e a natureza dos reagentes envolvidos (Shahidi; Hossain, 2022). Esses fatores impactaram a composição em compostos nas diferentes dietas e extratos de leveduras avaliados, resultando em perfis distintos de aroma e sabor.

As propriedades organolépticas dos extratos de levedura são uma propriedade importante, sendo relatados principalmente sabores de carne e churrasco, mas inevitavelmente, o amargor e o sabor das leveduras e seus derivados permanecem após o processamento, o que pode não ser aceitável (Alim et al., 2019), e a concentração total de compostos aldeídos nas amostras pode ser devido a adição de grãos nas dietas. Assim como em alimentos para cães, os aldeídos foram os mais abundantes grupo de voláteis encontrados (Koppel et al., 2013).

Embora o extrato de levedura seja utilizado como aromatizante e tempero alimentar, de acordo com pesquisas com consumidores, existe um aroma indesejável associado a ele, que é repelente para alguns consumidores e pode limitar as vendas de alimentos contendo extrato de levedura (Zheng et al., 2020). Por isso, avaliações sensoriais do extrato de levedura, caracterizaram suas notas de aroma como queimado, azedo, esfumaçado, mofado, gasolina e gorduroso (Zheng et al., 2020). Como a maioria destes compostos são resultantes do tratamento térmico em temperatura excessiva, uma vez que a concentração desses aromas aumenta com o aumento da temperatura de processamento (Alim et al., 2018), os compostos responsáveis por estes aromas são o-xileno, estireno, octanal e ácido acético, sendo suas concentrações dependentes da cepa de levedura da qual o extrato foi feito, métodos de tratamento e outros fatores (Zheng et al., 2020). Em nosso trabalho, mesmo que detectado os compostos estireno e octanal em algumas amostras, sendo os maiores níveis encontrados de 424,94mg/kg e 720,15mg/kg, respectivamente, não houve rejeição de nenhum alimento pelos animais. De forma a misturar a produção de aromas indesejados, a indústria pode limitar a temperatura do tratamento térmico a menos de 120°C, que não apenas mascara o amargor, mas também fortalece o sabor umami (Alim et al., 2019).

A concentração de diferentes compostos voláteis influenciou o perfil sensorial e a aceitação dos alimentos pelos animais sem causar rejeição de nenhuma dieta. Nossos resultados indicam que a composição dos ingredientes, as reações ocorridas durante o processamento, como a formação de produtos de *Maillard*, e a adição de extratos de levedura, um ingrediente amplamente reconhecido por sua palatabilidade para gatos, contribuíram positivamente para a aceitação dos alimentos extrusados.

A avaliação da cor de alimentos para animais de estimação está mais relacionada à atratividade pelos tutores e indicação de sua qualidade. Donfrancesco e Koppel, (2017)

verificaram que a aparência do alimento, como a cor e o aroma, foram os principais contribuintes para a aceitação geral dos tutores dos animais de estimação, sendo a intensidade da cor do alimento, principalmente os mais escuros, e aparência oleosa da ração, responsáveis por causar reação negativa por parte dos tutores.

Em oposição a cor, o olfato desempenha um papel fundamental na seleção de alimentos pelos gatos, complementado pelo paladar para a aceitação final (Aldrich; Koppel, 2015). No entanto, alterações na cor podem sinalizar a presença de compostos químicos que impactam o aroma e o sabor, como ocorre na oxidação de gorduras ou na degradação de proteínas, especialmente em produtos cárneos (Domínguez et al., 2021). Como os alimentos para animais de estimação frequentemente possuem altas inclusões de proteínas de origem animal, as alterações de cor podem influenciar indiretamente a seleção dos alimentos.

Diante desses resultados, é necessário enfatizar o papel fundamental das propriedades sensoriais, incluindo sabor, aroma, textura, aparência, tamanho e temperatura na determinação da palatabilidade. Tais considerações abrangentes destacam a natureza complexa da avaliação da palatabilidade e sublinham a necessidade de uma compreensão holística no desenvolvimento e avaliação de produtos alimentares para animais de estimação (Kumar; Goswami, 2024).

De forma geral, a influência da composição da dieta na palatabilidade sublinha a importância de formular cuidadosamente os alimentos para animais de estimação para satisfazer as necessidades nutricionais dos animais, ao mesmo tempo que apela às suas preferências sensoriais. Os achados deste trabalho mostraram que os alimentos extrusados para gatos, com adição de extratos de levedura, assim como outros alimentos processados, são produtos com características sensoriais complexas, sendo necessário à indústria alimentícia controlar rigorosamente todos os aspectos da produção dos extratos de levedura e das dietas para atender os requisitos sensoriais e de segurança alimentar.

Compreender o impacto dos extratos de levedura na palatabilidade das dietas para gatos é fundamental para desenvolver alimentos que correspondam às preferências dos gatos, garantindo um consumo adequado e promovendo sua saúde e bem-estar. Além disso, avaliar as características sensoriais das dietas é crucial para assegurar a aceitação pelos animais, favorecendo a manutenção de uma alimentação balanceada e alinhada às suas necessidades nutricionais, incentivando a adesão pelos tutores.

5. Conclusões

As correlações indicaram tendências claras de preferência alimentar. Esses resultados destacam a influência de propriedades físico-químicas nas escolhas alimentares dos animais, embora haja variabilidade nos dados, como observado para o ácido metilbutanoico.

6. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos, e à Biorigin pelo financiamento da pesquisa.

7. Referências

- Aldrich, G., Koppel, K., 2015. Pet Food Palatability Evaluation: A Review of Standard Assay Techniques and Interpretation of Results with a Primary Focus on Limitations. *Animals* 5, 43–55. <https://doi.org/10.3390/ani5010043>
- Alim, A., Song, H., Liu, Y., Zou, T., Zhang, Y., Zhang, S., 2018. Flavour-active compounds in thermally treated yeast extracts. *J Sci Food Agric* 98, 3774–3783. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8891>
- Alim, A., Song, H., Yang, C., Liu, Y., Zou, T., Zhang, Y., Zhang, S., 2019. Changes in the perception of bitter constituents in thermally treated yeast extract. *J Sci Food Agric* 99, 4651–4658. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9705>
- AOAC International. 2005. Official Methods of Analysis (18^a ed.). AOAC International.
- Bastos, T.S., Souza, C.M.M., Kaelle, G.C.B., Do Nascimento, M.Q., De Oliveira, S.G., Félix, A.P., 2023. Diet supplemented with *Saccharomyces cerevisiae* from different fermentation media modulates the faecal microbiota and the intestinal fermentative products in dogs. *Animal Physiology Nutrition* 107, 30–40. <https://doi.org/10.1111/jpn.13824>
- Becques, A., Larose, C., Baron, C., Nicéron, C., Féron, C., Gouat, P., 2014. Behaviour in order to evaluate the palatability of pet food in domestic cats. *Applied Animal Behaviour Science* 159, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.07.003>
- Bill Kaelle, G.C., Menezes Souza, C.M., Bastos, T.S., Vasconcellos, R.S., Oliveira, S.G.D., Félix, A.P., 2022. Diet digestibility and palatability and intestinal fermentative products in dogs fed yeast extract. *Italian Journal of Animal Science* 21, 802–810. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2054733>

Capuano, E., Fogliano, V., 2011. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT - Food Science and Technology* 44, 793–810. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.002>

Cerny, C., 2008. *The Aroma Side of the Maillard Reaction*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1126, 66–71. <https://doi.org/10.1196/annals.1433.011>

Chen, M., Chen, X., Nsor-Atindana, J., Masamba, K.G., Ma, J., Zhong, F., 2017. Optimization of key aroma compounds for dog food attractant. *Animal Feed Science and Technology* 225, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.005>

Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P., Suri, S., 2021. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: recent developments. *Toxin Reviews* 40, 545–561. <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1756857>

Chung, B. S., Chung, M. S., Lee, S. B., Youn, C., Park, J. S., 2018. Sectioned images of a cat head to contribute to learning of its sectional anatomy. *The International Journal of Morphology* 36, 537–543. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022018000200537>

De Oliveira Matheus, L.F., Risolia, L.W., Ernandes, M.C., De Souza, J.M., Oba, P.M., Vendramini, T.H.A., Pedrinelli, V., Henríquez, L.B.F., De Oliveira Massoco, C., Pontieri, C.F.F., Brunetto, M.A., 2021. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* cell wall addition on feed digestibility, fecal fermentation and microbiota and immunological parameters in adult cats. *BMC Vet Res* 17, 351. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03049-8>

Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., Haro, A., Castellano, R., Navarro, M.P., 2010. Development of the Maillard reaction in foods cooked by different techniques. Intake of Maillard-derived compounds. *Food Chemistry* 122, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.031>

Domínguez, R., Pateiro, M., Munekata, P.E.S., Zhang, W., Garcia-Oliveira, P., Carpena, M., Prieto, M.A., Bohrer, B., Lorenzo, J.M., 2021. Protein Oxidation in Muscle Foods: A Comprehensive Review. *Antioxidants* 11, 60. <https://doi.org/10.3390/antiox11010060>

Donfrancesco, B.D., Koppel, K., 2017. Sensory Characteristics and Volatile Components of Dry Dog Foods Manufactured with Sorghum Fractions. *Molecules* 22, 1012. <https://doi.org/10.3390/molecules22061012>

Ebeler, S.E., Terrien, M.B., Butzke, C.E., 2000. Analysis of brandy aroma by solid-phase microextraction and liquid-liquid extraction. *J. Sci. Food Agric.* 80, 625–630. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(200004\)80:5<625::AID-JSFA584>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(200004)80:5<625::AID-JSFA584>3.0.CO;2-5)

Eyre, R., Trehou, M., Marshall, E., Carvell-Miller, L., Goyon, A., McGrane, S., 2022. Aging cats prefer warm food. *Journal of Veterinary Behavior* 47, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2021.09.006>

FEDIAF., 2021. European Pet Food Industry Federation. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. *FEDIAF Nutritional Guidelines*, 100p.

Festring, D., Hofmann, T., 2010. Discovery of N^2 -(1-Carboxyethyl)guanosine 5'-Monophosphate as an Umami-Enhancing Maillard-Modified Nucleotide in Yeast Extracts. *J. Agric. Food Chem.* 58, 10614–10622. <https://doi.org/10.1021/jf102899j>

Griffin, R.W., 2003. Palatability testing: parameters and analyses that influence test conclusions. In: Kvamme, J.L., Phillips, T.D. (Eds.), *Petfood Technology*. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL, pp. 187–193.

Hand, MS., Thatcher, CD., Remillard, RL., Roudebush, P., Lewis, LD. *Small Animal Clinical Nutrition*. 4th ed. Lecompton, Kansas: Mark Morris Institute; 2000.

Ilias, N., Zaki, A.H.H., Junaidi, A.H.A., Fong, L.S., Saufi, I., Ajat, M., 2022. Palatability assessment of prescribed diets on domestic shorthair cats. *Vet World* 640–646. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.640-646>

Koppel, K., 2014. Sensory analysis of pet foods: Sensory analysis of pet foods. *J. Sci. Food Agric.* 94, 2148–2153. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6597>

Koppel, K., Adhikari, K., Di Donfrancesco, B., 2013. Volatile Compounds in Dry Dog Foods and Their Influence on Sensory Aromatic Profile. *Molecules* 18, 2646–2662. <https://doi.org/10.3390/molecules18032646>

Kumar, R., Goswami, M., 2024. Exploring Palatability in Pet Food - Assessment Methods and Influential Factors. *International Journal of Livestock Research*.

Kumar, R., Goswami, M., Pathak, V., Singh, A., 2024. Effect of binder inclusion on poultry slaughter house byproducts incorporated pet food characteristics and palatability. *Animal Nutrition and Feed Technology* 24, 177–191. <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2024.00013.1>

Lampi, A.-M., Damerau, A., Li, J., Moisio, T., Partanen, R., Forssell, P., Piironen, V., 2015. Changes in lipids and volatile compounds of oat flours and extrudates during processing and storage. *Journal of Cereal Science* 62, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.12.011>

Le Guillas, G., Vanacker, P., Salles, C., Labouré, H., 2024. Insights to Study, Understand and Manage Extruded Dry Pet Food Palatability. *Animals* 14, 1095. <https://doi.org/10.3390/ani14071095>

Li, F., 2013. Taste perception: from the tongue to the testis. *Molecular Human Reproduction*. 19:349–360.

Lin, M., Liu, X., Xu, Q., Song, H., Li, P., Yao, J., 2014. Aroma-active components of yeast extract pastes with a basic and characteristic meaty flavour. *J Sci Food Agric* 94, 882–889. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6330>

Liu, J., Tang, X., Zhang, Y., Zhao, W., 2012. Determination of the Volatile Composition in Brown Millet, Milled Millet and Millet Bran by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Molecules* 17, 2271–2282. <https://doi.org/10.3390/molecules17032271>

Maturana, M., Castillejos, L., Martin-Orue, S.M., Minel, A., Chetty, O., Felix, A.P., Adib Lesaux, A., 2023. Potential benefits of yeast *Saccharomyces* and their derivatives in dogs and cats: a review. *Front. Vet. Sci.* 10, 1279506. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1279506>

Oliveira, R.T.D., Haese, D., Kill, J.L., Lima, A., Malini, P.V., Thompson, G.R., 2016. Palatability of cat food with sodium pyrophosphate and yeast extract. *Cienc. Rural* 46, 2202–2205. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151651>

Olsen, J.V., Ong, S.-E., Mann, M., 2004. Trypsin Cleaves Exclusively C-terminal to Arginine and Lysine Residues. *Molecular & Cellular Proteomics* 3, 608–614. <https://doi.org/10.1074/mcp.T400003-MCP200>

Padodara, R.J., Jacob, N., 2014. Olfactory sense in different animals. *Indian Journal of Veterinary Science*, 2, 1–14.

Paolini, M., Tonidandel, L., Larcher, R., 2022. Development, validation and application of a fast GC-FID method for the analysis of volatile compounds in spirit drinks and wine. *Food Control*, 136, 108873. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108873>

Pekel, A.Y., Mülazımoğlu, S.B., Acar, N., 2020. Taste preferences and diet palatability in cats. *Journal of Applied Animal Research* 48, 281–292.
<https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1786391>

Raza, A., Begum, N., Song, H., Li, K., Li, P., 2019. Optimization of Headspace Solid-Phase Microextraction (HS-SPME) Parameters for the Analysis of Pyrazines in Yeast Extract via Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS). *Journal of Food Science* 84, 2031–2041.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.14694>

Salazar, I., Quinteiro, P. S., Cifuentes, J. M., Caballero, T. G., 21996. The vomeronasal organ of the cat. *Journal of Anatomy*, 188, 445–454. PMID:8621344

Samant, S.S., Crandall, P.G., Jarma Arroyo, S.E., Seo, H.-S., 2021. Dry Pet Food Flavor Enhancers and Their Impact on Palatability: A Review. *Foods* 10, 2599.
<https://doi.org/10.3390/foods10112599>

Santos, J.P.F., Aquino, A.A., Glória, M.B.A., Avila-Campos, M.J., Oba, P.M., Santos, K.D.M., Vendramini, T.H.A., Carciofi, A.C., Junior, A.R., Brunetto, M.A., 2018. Effects of dietary yeast cell wall on faecal bacteria and fermentation products in adult cats. *Animal Physiology Nutrition* 102, 1091–1101. <https://doi.org/10.1111/jpn.12918>

Schreier, P., 1994. Flavour compounds in foods and beverages. In: *Flavour Science: Recent Advances*. Elsevier Science Publishers, pp. 105-137.

Shahidi, F., Hossain, A., 2022. Role of Lipids in Food Flavor Generation. *Molecules* 27, 5014. <https://doi.org/10.3390/molecules27155014>

Struthers, B.J., 1981. Lysinoalanine: Production, significance and control in preparation and use of soya and other food proteins. *J Americ Oil Chem Soc* 58, 501–503.
<https://doi.org/10.1007/BF02582413>

Sun, K., Dai, Z., Hong, W., Zhao, J., Zhao, H., Luo, J., Xie, G., 2022. Effects of Maillard Reaction on Volatile Compounds and Antioxidant Capacity of Cat Food Attractant. *Molecules* 27, 7239. <https://doi.org/10.3390/molecules27217239>

Swanson, K.S., Grieshop, C.M., Flickinger, E.A., Bauer, L.L., Healy, H.-P., Dawson, K.A., Merchen, N.R., Fahey, G.C., 2002. Supplemental Fructooligosaccharides and Mannanoligosaccharides Influence Immune Function, Ileal and Total Tract Nutrient

Digestibilities, Microbial Populations and Concentrations of Protein Catabolites in the Large Bowel of Dogs. *The Journal of Nutrition* 132, 980–989. <https://doi.org/10.1093/jn/132.5.980>

Tamanna, N., Mahmood, N., 2015. Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *International Journal of Food Science* 2015, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>

Tomé, D., 2021 Extratos de levedura Ingredientes alimentares nutritivos e aromatizantes. *Ciência Alimentar ACS & Tecnologia* 1(4), 487-494.

Van Rooijen, C., Bosch, G., Van Der Poel, A.F.B., Wierenga, P.A., Alexander, L., Hendriks, W.H., 2013. The Maillard reaction and pet food processing: effects on nutritive value and pet health. *Nutr. Res. Rev.* 26, 130–148. <https://doi.org/10.1017/S0954422413000103>

Wang, Z., Xiao, Q., Zhuang, J., Feng, T., Ho, C.-T., Song, S., 2020. Characterization of Aroma-Active Compounds in Four Yeast Extracts Using Instrumental and Sensory Techniques. *J. Agric. Food Chem.* 68, 267–278. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06751>

Wehrmaker, A.M., Zenker, H.E., De Groot, W., Sanders, M., Van Der Goot, A.J., Janssen, A.E.M., Keppler, J., Bosch, G., 2022. Amino Acid Modifications During the Production (Shearing, Sterilization) of Plant-Based Meat Analogues: An Explorative Study Using Pet Food Production as an Example. *ACS Food Sci. Technol.* 2, 1753–1765. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00242>

Wei, C.-K., Ni, Z.-J., Thakur, K., Liao, A.-M., Huang, J.-H., Wei, Z.-J., 2019. Color and flavor of flaxseed protein hydrolysates Maillard reaction products: effect of cysteine, initial pH, and thermal treatment. *International Journal of Food Properties* 22, 84–99. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1573830>

Xiong, K., Li, M., Chen, Y., Hu, Y., Jin, W., 2024. Formation and Reduction of Toxic Compounds Derived from the Maillard Reaction During the Thermal Processing of Different Food Matrices. *Journal of Food Protection* 87, 100338. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100338>

Yang, C., Song, H.L., Chen, F., 2012. Response Surface Methodology for Meat-like Odorants from Maillard Reaction with Glutathione I: the Optimization Analysis and the General Pathway Exploration. *Journal of Food Science* 77. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02863.x>

Zhang, Y., Dong, L., Zhang, J., Shi, J., Wang, Y., Wang, S., 2021. Adverse Effects of Thermal Food Processing on the Structural, Nutritional, and Biological Properties of Proteins. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 12, 259–286. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-062320-012215>

Zheng, Y., Yang, P., Chen, E., Song, H., Li, P., Li, K., Xiong, J., 2020. Investigating characteristics and possible origins of off-odor substances in various yeast extract products. *J Food Biochem* 44. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13184>

CAPÍTULO V

ATRIBUTOS SENSORIAIS DE EXTRATOS DE LEVEDURA E A INFLUÊNCIA DA FORMA DE APLICAÇÃO SOBRE A PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE GATOS

Atributos sensoriais de extratos de levedura e a influência da forma de aplicação sobre a preferência alimentar de gatos

Ingrid Caroline da Silva^{a*}, Bruna Aparecida Moreira da Silva^a, Karla Gabriela Memare^a, Ricardo Souza Vasconcellos^a

^aUniversidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Paraná, Brasil.

*Autor correspondente. Tel: +55 (42) 99948-8499; EM: ingrid_caroline95@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar como o método de aplicação dos extratos de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) (pré *versus* pós-extrusão) e a influência isolada do aroma dos extratos na preferência alimentar de gatos. Para isso, foi adotado o método das duas vasilhas, aplicado em cinco comparações distintas de pré *versus* pós-extrusão, sendo cinco diferentes extratos de levedura (YE1-5). Para avaliar o efeito do aroma dos extratos, foi utilizada uma dieta controle negativa (CN) sem inclusão de extrato de levedura, e os mesmos cinco extratos de levedura, depositados no fundo de um comedouro específico com fundo falso e com orifícios que permitem a passagem dos compostos voláteis, mas não o contato oral do gato com os extratos depositados abaixo do fundo falso. Foram realizadas análises de produtos da reação de *Maillard* e Compostos Voláteis nas dietas e nos extratos utilizados. Os valores dos produtos da reação de *Maillard* e Compostos Voláteis são apresentados na forma de estatística descritiva. Para os testes de palatabilidade, considerou-se significativo um poder de teste superior a 0,70. A inclusão de extratos por cobertura, após o processo de extrusão, demonstrou um efeito muito superior, sendo significativo em todas as inclusões. Quando avaliado somente o efeito do aroma, apenas o extrato YE-5 teve um efeito significativo na melhora do consumo e consequentemente melhor razão de ingestão (Poder do Teste = 0,87). Concluímos que o método mais eficiente para aplicação de extratos de levedura como intensificadores de palatabilidade é a aplicação por cobertura após o processo de extrusão. Além disso, verificamos que o aroma dos extratos de levedura, especialmente devido ao seu conjunto de compostos voláteis, ácido glutâmico e produtos da reação de *Maillard*, especialmente hidroximetilfurfural, intensificaram o odor dos alimentos para gatos, apresentando melhor preferência.

Palavras-chave: compostos voláteis, extrusão, odor, palatabilidade.

Abstract

This study aimed to evaluate how the method of applying yeast extracts (*Saccharomyces cerevisiae*) (pre- vs. post-extrusion) and the isolated influence of extract aroma affect food preference in cats. The two-bowl method was employed across five distinct comparisons of pre- versus post-extrusion application, using five different yeast extracts (YE1–5). To assess the effect of aroma alone, a negative control diet (NC) without yeast extract inclusion was used, along with the same five yeast extracts, placed at the bottom of a specially designed feeder with a false bottom containing perforations. These allowed volatile compounds to pass through without permitting oral contact between the cats and the extracts below the false bottom. Analyses of *Maillard* reaction products and volatile compounds were conducted on both the diets and the extracts. Results for *Maillard* reaction products and volatile compounds are presented as descriptive statistics. In the palatability tests, a test power above 0.70 was considered statistically significant. The inclusion of yeast extracts as a coating, post-extrusion, showed a markedly superior effect, with significant results across all comparisons. When

evaluating the aroma effect in isolation, only extract YE-5 had a significant impact on consumption, resulting in a higher intake ratio (Test Power = 0.87). We conclude that the most effective method for applying yeast extracts as palatability enhancers is post-extrusion coating. Furthermore, we observed that the aroma of yeast extracts—particularly due to their combination of volatile compounds, glutamic acid, and Maillard reaction products, especially hydroxymethylfurfural—enhanced the appeal of cat food, improving preference.

Key-words: volatile compounds, extrusion, odor, palatability.

1. Introdução

A palatabilidade de uma dieta é fundamental para garantir a ingestão ideal de energia e nutrientes. Além da composição nutricional, fatores sensoriais como o aroma, sabor, textura e tamanho dos *kibbles* desempenham um papel crucial na aceitação alimentar, influenciando diretamente o consumo (Aldrich; Koppel, 2015).

Para o desenvolvimento de novos alimentos para animais de estimação, é essencial que os fabricantes equilibrem a qualidade nutricional com os aspectos sensoriais. Mesmo um alimento com excelente perfil nutricional pode ser rejeitado se apresentar baixa palatabilidade, o que pode não apenas comprometer a ingestão adequada pelos animais, mas também diminuir a intenção de compra por parte dos tutores (Samant et al., 2021).

Com um crescente número de alimentos disponíveis no mercado *Pet Food*, a palatabilidade é um dos principais critérios utilizados para medir o desempenho do produto. Embora interpretada de várias maneiras, a palatabilidade é definida como as propriedades físicas e químicas da dieta, que estão ligadas à promoção ou supressão do comportamento alimentar durante o período pré-absortivo (NRC, 2006; Aldrich; Koppel, 2015).

Frente a isso, novas fontes proteicas surgiram como uma tendência na indústria de alimentos para animais de estimação, muitas vezes impulsionadas pela demanda do consumidor, restrições de fornecimento e preocupações com a sustentabilidade (Davenport et al., 2023). Por exemplo, a levedura seca íntegra (*S. cerevisiae*) pode ser uma alternativa às fontes tradicionais de proteína de origem animal ou vegetal, e os produtos de levedura provenientes da indústria sucroalcooleira ou cervejeira podem ser usados na nutrição de cães e gatos como fonte de proteína ou como ingrediente funcional, com potenciais benefícios para a funcionalidade intestinal ou de palatabilidade (Lin et al., 2019), além de serem ingredientes sustentáveis, dada a circularidade na produção das leveduras, cujos resíduos podem ser bem aproveitados em etapas subsequentes na cadeia produtiva de alimentos. Tais ingredientes têm demonstrado efeitos benéficos à saúde em várias espécies animais, incluindo na modulação da microbiota fecal (Moyad et al., 2009; Stercova et al., 2016; Lin et al., 2019). Para gatos, a

levedura e seus derivados podem melhorar a palatabilidade dos alimentos, devido à presença de aminoácidos livres e nucleotídeos, que promovem uma maior resposta de paladar nos receptores T1R1/T1R3 (Oliveira et al., 2016).

A levedura inativa pode ser encontrada na forma intacta ou autolisada, na qual a parede celular está quebrada (Borchani et al., 2014), e após passar por uma nova centrifugação é possível obter frações de parede celular, como mananoligossacarídeos e β -glucanos, e também o conteúdo citoplasmático, definido também como extrato de levedura (Bill Kaelle et al., 2022).

Alguns estudos já avaliaram os efeitos das frações da parede de levedura em dietas para cães (Swanson et al., 2002; Lin et al., 2019; Theodoro et al., 2019), porém, poucos avaliaram o efeito dos extratos. De maneira geral, o extrato de levedura tem aproximadamente 34-48% de proteína na matéria seca e uma concentração relativamente alta de aminoácidos essenciais, incluindo os aminoácidos limitantes lisina (3,61%), metionina (0,78%) e triptofano (0,61%) (Wu et al., 2018). Desta forma, pode ser classificado como uma fonte proteica alternativa, de origem microbiana e também contribuir para o atendimento das necessidades nutricionais dos animais.

O tipo e as características do extrato de levedura dependem da fonte residual de levedura da qual é feito e do processo de produção utilizado. Para a produção industrial, vários métodos são usados para romper as células de levedura, como ruptura mecânica, lise enzimática, solventes orgânicos ou autólise usando sal como solubilizante e outros métodos de autólise, dependendo da aplicação pretendida (Jacob et al., 2019), sendo quatro principais tipos de processos usados para produzir extrato de levedura: autólise, plasmólise, lise enzimática e métodos físicos (Bayarjargal et al., 2014).

Ainda, os extratos de leveduras, por apresentarem alto teor de ácido glutâmico, são capazes de gerar o efeito umami, uma das cinco categorias de sensação de gosto, que propicia melhor palatabilidade do alimento aos animais, e os nucleotídeos acentuam os efeitos do ácido glutâmico utilizado para realçar os sabores (EURASYP, 2023). Durante o processo de fabricação, o ácido glutâmico é liberado das frações proteicas e reage com o sódio formando o glutamato monossódico. Tais características lhe fornecem grande potencial como intensificador de sabor, melhorando a palatabilidade do alimento fabricado (Ferket, 2004).

No entanto, alguns estudos relataram um efeito negativo na preferência e consumo de alimentos após a suplementação com extratos de levedura ou leveduras inteiras (Aquino et al., 2010; M. Lima et al., 2015). Uma possível explicação para esses resultados contraditórios é o limite de suplementação de substâncias que possuem sabor umami e contêm glutamato

monossódico, pois seu excesso pode reduzir a palatabilidade (Halpern, 2000). Além disso, a temperatura durante o processamento pode alterar certos intensificadores de sabor, reduzindo o efeito de realçador de sabor, proporcionado pelo extrato de levedura, o que também pode afetar negativamente a palatabilidade (Shi; Tang, 2003).

Diferentes métodos de processamento podem alterar a composição química final dos extratos, impactando diretamente os resultados dos testes de palatabilidade. O método de aplicação dos extratos de levedura, seja na mistura pré-extrusão ou pós-extrusão também pode resultar em variações significativas na palatabilidade. Diante disso, o objetivo deste estudo é avaliar como o método de aplicação dos extratos de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) (pré *versus* pós-extrusão) e o aroma dos extratos influenciam a preferência alimentar de gatos.

2. Material e Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) (protocolo nº 9899170724).

As dietas foram extrusadas na Fábrica de rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal (FCAV/UNESP), São Paulo/Brasil. As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA/UEM), Laboratório de Análise Físico-Químicas em Águas e Alimentos da Universidade Estadual de Maringá (CCQ/UEM) e os testes de palatabilidade foram executados no gatil do Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Felinos Domésticos, localizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI/UEM).

2.1. Design Experimental

O estudo foi conduzido em duas etapas: testes de palatabilidade pelo método de duas vasilhas com comedouros convencionais, e testes de palatabilidade pelo método de duas vasilhas, com comedouro específico para avaliação apenas do efeito de aroma dos extratos de levedura.

O método de duas vasilhas foi realizado de acordo com o método descrito por Griffin (2003) e foi aplicado em cinco comparações distintas de pré *versus* pós-extrusão, sendo cinco diferentes extratos de levedura (1. BIONIS YE DRK NS; 2. BIONIS YE GMX; 3. BIONIS YE STDK; 4. BIONIS YE STDK NS; 5. PALAUP MEAT), produzidos por diferentes condições de processo.

Para avaliar o efeito do aroma dos extratos, foi utilizada a dieta controle negativa (CN) sem inclusão de extrato de levedura, depositada no compartimento superior de um comedouro específico, com orifícios em um fundo falso, sendo os comedouros identificados por gato como A e B, e abaixo os mesmos cinco extratos de levedura foram depositados no fundo do comedouro em quantidade de 2% do alimento pesado.

2.2. *Processamento das Dietas*

Foi formulada uma dieta controle negativo (CN) segundo as recomendações da FEDIAF (2021). A partir desta, foram elaborados mais cinco tratamentos com as inclusões dos extratos de leveduras (Biorgin/São Paulo/Brasil) na mistura pré-extrusão, em substituição ao farelo de soja, e pós-extrusão por cobertura junto ao óleo de frango e palatabilizante. A composição da dieta CN e as inclusões dos extratos de levedura podem ser vistas na Tabela 1.

Para a produção das dietas com inclusão de extratos de leveduras pré-extrusão, inicialmente, os extratos de leveduras foram diluídos em milho moído e homogeneizadas em misturador tipo Y. Após esta pré-diluição e pré-mistura, foram adicionados no misturador juntamente com o restante dos ingredientes. A mistura foi moída em moinho de martelos, equipado com peneira de furos de 0,9 mm (Tigre, São Paulo, SP, Brasil). Em seguida, as rações foram processadas em extrusora (Manzoni, MEX- 250, Campinas, SP, Brasil).

Após a extrusão, os *kibbles* foram secos em um secador de ar forçado a 110°C, com duas esteiras com malha de aço, por aproximadamente 20 min. Após a saída do secador, procedeu-se o engorduramento com óleo de frango a 10% e palatabilizante líquido a 1%.

A produção das dietas com adição de extratos de leveduras pós-extrusão foi a mesma formulação da dieta CN, porém com os extratos adicionados após a etapa de extrusão, quando na saída do secador, a dieta CN foi revestida de 10% de óleo de frango, 1% de palatabilizante, e dos extratos de levedura no mesmo nível de inclusão do método pré-extrusão.

Tabela 1. Composição de ingredientes e química analisada da dieta controle.

Ingrediente (%)	CN	YE 1	YE 2	YE 3	YE 4	YE 5
Milho Grão	38,43	38,43	38,43	38,43	38,43	38,43
Farinha de Visceras de aves	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Farelo de Soja 45%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Far, Glúten de milho 60	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Quirera de Arroz	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Gordura de aves	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15
Casca de Soja	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
Palatabilizante líquido	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcário	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Ácido Fosfórico	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Premix	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Cloreto de Colina	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Cloreto de Potássio	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Antifúngico	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Antioxidante	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Taurina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Extrato Biorigin ¹	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	0,25
Matéria Seca (%)		93,24				
Atividade da Água (Aw)		0,20				
Valores em base de Matéria Seca						
Proteína Bruta (%)		32,96				
Extrato Etéreo por Hidrólise Ácida (%)		12,70				
Cinzas (%)		4,79				
Fibra Bruta (%)		2,47				
Extrato não nitrogenado (%)		47,08				
Energia Bruta (kcal/kg)		4.535,50				

YE 1 – Tratamento com inclusão de 0,35% do extrato de levedura BIONIS YE DRK NS; YE 2 – Tratamento com inclusão de 0,32% do extrato de levedura BIONIS YE GMX; YE 3 – Tratamento com inclusão de 1,00% do extrato de levedura BIONIS YE STDK; YE 4 – Tratamento com inclusão de 1,00% do extrato de levedura BIONIS YE STDK NS; YE 5 – Tratamento com inclusão de 0,75% do extrato de levedura PALAUP MEAT.

¹Extratos de Leveduras Biorigin.

2.3. Teste de palatabilidade

Foram selecionados 20 gatos adultos, sendo 10 machos e 10 fêmeas, vacinados, vermifugados e castrados, com idade entre 4 e 9 anos, e peso corporal de $4,36 \pm 0,20$ kg. Os animais receberam 60g de cada alimento teste, fornecidos nos potes identificados (A e B), em que cada um continha um tratamento diferente para determinação da primeira escolha de olfato e paladar, determinados na primeira refeição do dia e pelo cálculo da razão de ingestão (IR) entre as dietas em cada ensaio, ao final do dia, em que considera-se o consumo de uma ração em relação ao consumo total, através da fórmula: $IR (\%) = \text{consumo da dieta A} / (\text{consumo da}$

dieta A + consumo da dieta B). Sendo dois dias por desafio, em que o primeiro dia é de adaptação e o segundo é para coleta de dados.

O tamanho e cor dos potes eram iguais, em ambos os testes, de maneira a eliminar qualquer possível interferência por fatores externos ao alimento. Durante o período experimental, os gatos recebiam o alimento diário em quatro refeições diárias, alojados em gaiolas individuais de 30cm x 40cm x 40cm e mantidos por aproximadamente 20 minutos por refeição, sendo nos horários 08h; 10h; 14h e 16h, e na terceira refeição do dia inverteu-se a posição dos potes.

2.4. Análises Laboratoriais

2.4.1. Composição bromatológica das dietas

A composição bromatológica da dieta CN foi determinada após a cobertura por óleo de frango e palatilizante. Determinou-se o teor de umidade (método: 930.15), proteína bruta (método: 954.01), extrato etéreo por hidrólise ácida (método: 954.02), cinzas (método: 942.05) e fibra bruta (método: 978.10), de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2005). Os extrativos não nitrogenados foram determinados pela diferença entre 100% e os demais nutrientes analisados em cada dieta (Tabela 1).

2.4.2. Produtos da reação de Maillard

Para análise dos produtos da reação de *Maillard*, as amostras foram desengorduradas através do método Soxhlet, 100 mg foram dissolvidos em 5 mL de HCl 6 mol/L, secos em estufa por 23 horas a 120°C, em seguida, filtrados (0,2 µm) em vials para análise de Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplado à Espectrometria de Massas (UPLC-MS).

As amostras foram injetadas em um sistema Acquity UPLC® (Milford, MA, EUA) acoplado a um espectrômetro de massa triplo quadrupolo Acquity TQDTM (Milford, MA, EUA) equipado com uma fonte de ionização Waters Zspray™ (ESI) (Milford, MA, EUA). As fases móveis foram compostas por água ultrapura, com NFPA 5mM (A) e acetonitrila (B). As curvas de calibração foram construídas usando o melhor ajuste de três determinações replicadas por nível de concentração com nove pontos de concentração. Os dados foram processados utilizando o *software* MassLynx™ 4.1 (Milford, MA, EUA) e os resultados foram expressos em ppm.

2.4.3. Compostos Voláteis

A análise de compostos voláteis foi adaptada de Ebeler et al. (2000); Lampi et al. (2015); Liu et al. (2012); Paolini et al. (2022). Em um tubo de vidro foram pesadas 2,0 g de amostra de ração (moída) dissolvidas em 4 mL de Acetato de etila. A mistura foi colocada em ultrassom por 20 min em uma temperatura de 40°C, em seguida, o sobrenadante foi filtrado com papel filtro com poros de 0,22 µm antes de serem injetados no Cromatógrafo Gasoso acoplado a Ionização de Chama (CG-DIC).

A análise cromatográfica foi realizada em um cromatógrafo (Schimadzu GC-2010 Plus, Kyoto, Japão) equipado com um detector DIC, sistema de injeção de amostra *split/splitless* e uma coluna capilar de sílica fundida (CP-Wax CB, 30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,50 µm). As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 250°C. O gás hidrogênio (H₂), com fluxo constante de 1,2 mL min⁻¹, foi usado como gás de arraste e o nitrogênio (N₂) como gás auxiliar (make-up) com fluxo de gás de 30 mL min⁻¹. A chama foi produzida no detector, utilizando H₂ e ar sintético, com vazões de 40 e 400 mL min⁻¹, respectivamente. As amostras foram injetadas em modo *split*, com proporção de 1:40 e volume de injeção de 1,0 µL. Os compostos voláteis foram identificados comparando-se o tempo de retenção dos constituintes das amostras com os de um padrão analítico e analisados em triplicata.

2.5. Análise Estatística

Os dados relativos aos produtos da reação de *Maillard* e compostos voláteis das dietas e dos extratos de levedura são apresentados na forma de estatística descritiva. A análise das observações nos testes de palatabilidade seguiu a metodologia proposta por Pires et al. (2020), na qual considera-se significativo um poder de teste superior a 0,70. Esse valor é calculado com base no tamanho da amostra (n), utilizado por desafio na diferença entre as preferências (delta), no desvio padrão (DP) e no nível de significância de 5%, utilizando o *software* estatístico Minitab 22.

Uma análise de componentes principais (PCA) foi realizada para identificar a diferença entre os compostos voláteis pré e pós-extrusão. Os compostos que não continham preenchimento em uma etapa inteira (Pré/Pós-extrusão), ou seja, que não foram detectados, não foram utilizados. Os que apresentaram apenas alguns valores faltantes tiveram as observações nulas substituídas pela sua média dentro da respectiva etapa (Pré/Pós-extrusão).

3. Resultados

Em relação ao método de aplicação dos extratos, a inclusão por cobertura, após o processo de extrusão, demonstrou um efeito muito superior, sendo significativo em todas as inclusões pelo poder do teste $> 0,7$, como pode ser observado na figura 1, o que denota que esse método parece ser melhor para o uso dos ingredientes com o propósito de realçar o sabor dos alimentos para os gatos.

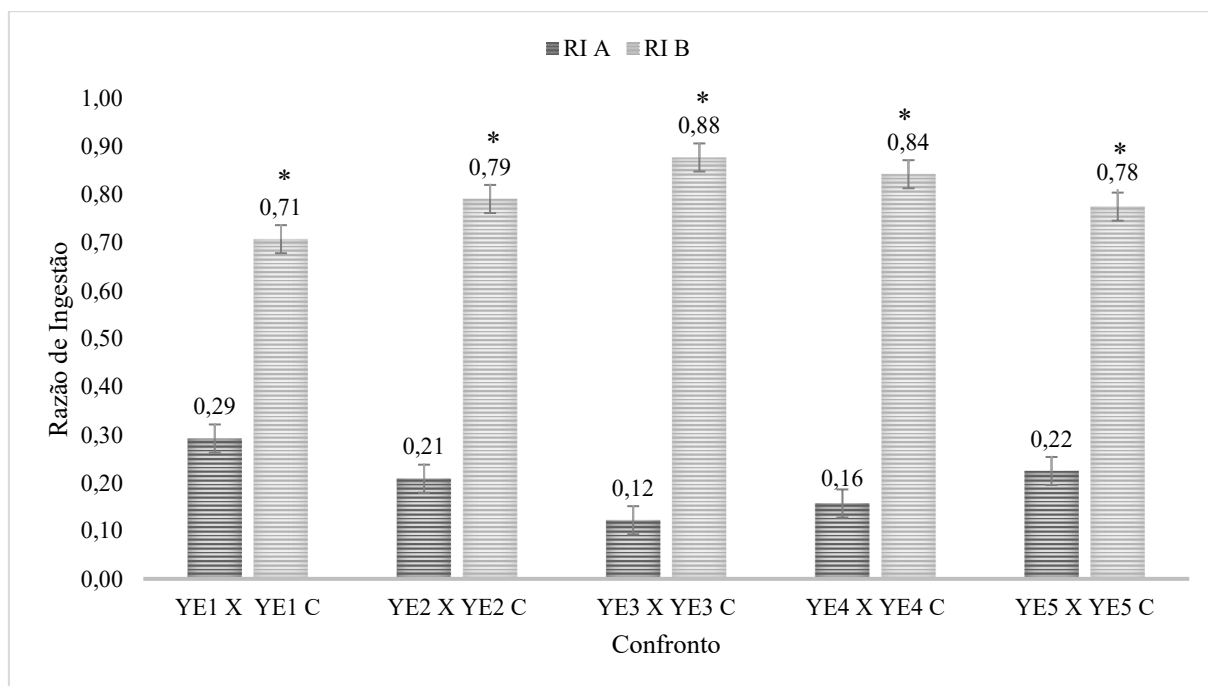


Figura 1. Teste de preferência alimentar em gatos com dietas contendo extratos de levedura incluídos na mistura pré e pós-extrusão (C).

*Poder do Teste $\geq 0,7$.

Quando avaliado somente o efeito do aroma, demonstrado na figura 2, podemos constatar que apenas o YE 5 teve um efeito significativo na melhora do consumo e consequentemente melhor palatabilidade (Poder do Teste = 0,87), embora o consumo de todos eles foi maior em relação ao CN, porém, não significativo do ponto de vista estatístico.

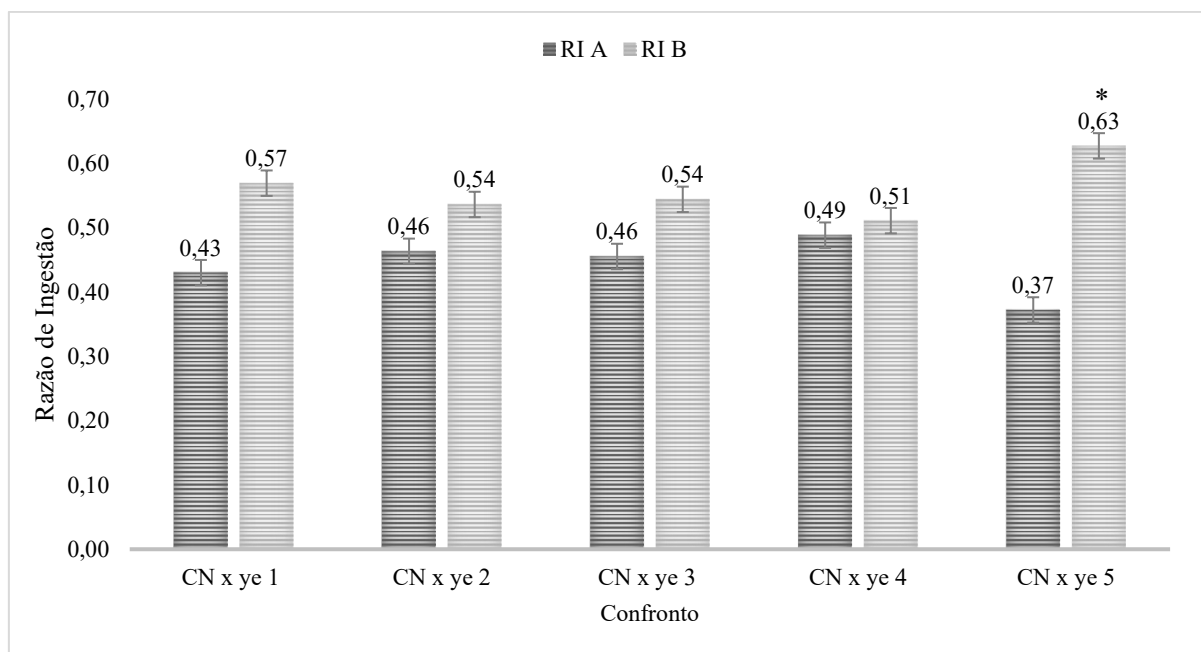


Figura 2. Avaliação do efeito do aroma de extratos de leveduras (ye) através do teste de preferência alimentar em gatos.

*Poder do Teste $\geq 0,7$.

Tabela 2. Produtos da reação de *Maillard* das dietas experimentais e dos extratos de leveduras (Média e DP).

	Produtos da reação de <i>Maillard</i> (mg/kg)			
	Furosina	Hidrometilfurfural	Carboximetil-lisina	Lisinoalanina
Dietas pré-extrusão				
CN	4,27	317,50	4,54	8,45
YE 1	3,47	38,00	4,42	29,88
YE 2	6,22	182,98	4,82	56,04
YE 3	4,47	48,78	4,54	56,43
YE 4	5,19	45,65	4,48	30,67
YE 5	5,10	946,13	4,38	32,38
DP	0,85	321,40	0,14	16,61
Dietas pós-extrusão				
YE C 1	7,00	312,73	7,43	6,73
YE C 2	7,05	566,62	7,92	6,83
YE C 3	6,95	727,42	8,00	6,92
YE C 4	6,82	248,96	7,90	6,32
YE C 5	6,91	352,14	7,96	6,68
DP	0,07	178,35	0,21	0,21
Extratos				
Ye 1	26,82	564,17	97,66	118,08
Ye 2	2,59	321,63	4,24	30,13
Ye 3	7,29	230,02	4,72	51,62
Ye 4	18,09	63,15	6,61	80,69
Ye 5	43,12	321,13	4,46	24,67
DP	14,48	162,62	37,07	34,66

CN – Dieta controle negativo; YE – dietas com adição de extratos de leveduras na mistura pré-extrusão; Ye – extratos de leveduras; DP – Desvio Padrão.

Dados na Matéria Natural.

Valores em **negrito** indicam a maior concentração encontrada entre os tratamentos.

Os resultados da avaliação de produtos da reação de *Maillard* encontrados nas dietas e nos extratos de leveduras podem ser observadas na Tabela 2. Na tabela 3, estão descritos os dados dos valores de compostos voláteis das dietas experimentais pré-extrusão, e na tabela 4, compostos voláteis encontrados nas dietas pós-extrusão, e na tabela 5 compostos voláteis encontrados nos extratos de leveduras (média $\pm$ DP).

Tabela 3. Compostos voláteis das dietas pré-extrusão (Média e DP).

Compostos voláteis (mg/kg)							
Inclusão dos extratos pré-extrusão							
Aldeídos							
	Hexanal	Octanal	Nonenal	3 – metil propanoaldeído	Benzaldeído	2,4 decadienal	Olftaldeído
CN	0,58	0,07	ND	ND	0,04	0,52	0,65
YE 1	4,58	0,05	ND	ND	0,59	0,98	0,66
YE 2	3,73	0,56	ND	ND	0,31	0,79	0,75
YE 3	4,48	0,12	ND	ND	ND	0,80	0,65
YE 4	4,06	0,42	ND	ND	0,19	0,36	0,64
YE 5	5,25	0,29	ND	ND	1,26	1,94	0,66
DP	1,30	0,19			0,43	0,51	0,04
Alcanos							
	Heptano	Tetradecano	3-metilheptano			1,2 etanoditiol	
CN	ND	0,00	ND			0,09	
YE 1	ND	0,05	ND			ND	
YE 2	ND	0,01	ND			ND	
YE 3	ND	0,02	ND			0,81	
YE 4	ND	0,11	ND			0,64	
YE 5	ND	0,04	ND			0,10	
DP		0,04				0,32	
Ácido carboxílico							
	Ácido angélico	Ácido 3-metilbutanoico			3-metil 1-butanol	3-furanometanol	
CN	0,03		ND		ND	0,05	
YE 1	1,76		ND		ND	0,51	
YE 2	0,45		0,31		ND	0,85	
YE 3	1,45		0,12		ND	0,97	
YE 4	1,48		0,15		ND	0,12	
YE 5	1,48		0,05		0,01	0,04	
DP	0,63		0,10			0,38	
Aromáticos							
	Pirazina		1,2,3-trimetilbenzeno			Estireno	
CN	ND		0,02			ND	
YE 1	ND		0,02			0,05	
YE 2	ND		0,07			ND	
YE 3	ND		0,08			ND	
YE 4	ND		ND			0,05	
YE 5	0,23		0,12			0,07	
DP			0,04			0,03	

CN – Dieta controle negativo; YE – dietas com adição de extratos de leveduras na mistura pré-extrusão; YE C – dietas com extratos de leveduras pós-extrusão; ND – não detectado; DP – Desvio Padrão.

Dados na Matéria Natural.

Valores em negrito indicam a maior concentração encontrada entre os tratamentos.

Tabela 4. Compostos voláteis das dietas pós-extrusão (Média e DP).

Compostos voláteis (mg/kg)							
Inclusão dos extratos pós-extrusão							
Aldeídos							
	Hexanal	Octanal	Nonenal	3 – metil propanolaldeído	Benzaldeído	2,4 decadienal	Olfitaldeído
YE C 1	4,92	0,20	0,08	ND	0,76	0,93	0,56
YE C 2	4,44	0,49	1,42	ND	1,64	0,30	0,44
YE C 3	6,44	0,31	ND	ND	0,19	0,85	1,10
YE C 4	5,76	0,97	0,49	0,35	0,77	0,61	0,81
YE C 5	7,17	0,43	ND	ND	1,57	3,10	1,10
DP	0,99	0,26	0,56		0,55	0,99	0,27
Alcanos				Tiol			
	Heptano	Tetradecano	3-metilheptano		1,2 etanoditiol		
YE C 1	ND	0,17	0,04		0,06		
YE C 2	0,10	0,05	0,04		0,20		
YE C 3	ND	0,06	ND		1,04		
YE C 4	0,07	0,17	0,11		1,23		
YE C 5	ND	0,05	ND		0,20		
DP	0,02	0,06	0,03		0,49		
Ácido carboxílico				Álcoois			
	Ácido angélico	Ácido 3-metilbutanoico		3-metil 1-butanol	3-furanometanol		
YE C 1	1,35	0,43		0,05	0,54		
YE C 2	1,70	0,15		0,17	0,40		
YE C 3	2,10	0,17		ND	1,30		
YE C 4	1,54	0,42		0,06	0,43		
YE C 5	2,25	0,06		0,02	0,06		
DP	0,34	0,15		0,06	0,41		
Aromáticos							
	Pirazina	1,2,3-trimetilbenzeno		Estireno			
YE C 1	0,11	0,07		0,07			
YE C 2	0,25	0,26		0,11			
YE C 3	ND	0,10		ND			
YE C 4	0,56	ND		0,21			
YE C 5	0,37	0,12		0,17			
DP	0,16	0,08					

CN – Dieta controle negativo; YE C – dietas com extratos de leveduras pós-extrusão; ND – não detectado; DP – Desvio Padrão.

Dados na Matéria Natural.

Valores em negrito indicam a maior concentração encontrada entre os tratamentos.

Tabela 5. Compostos voláteis dos extratos de leveduras (Média e DP).

Compostos voláteis (mg/kg)							
Aldeídos							
	Hexanal	Octanal	Nonenal	3 – metil propanolaldeído	Benzaldeído	2,4 decadienal	Olfitaldeído
Ye 1	3,81	ND	0,66	ND	0,09	ND	0,68
Ye 2	3,92	0,16	0,97	ND	ND	0,10	0,77
Ye 3	4,03	ND	0,16	ND	0,18	ND	0,68
Ye 4	3,64	0,94	0,35	0,23	0,74	0,46	0,46
Ye 5	4,01	0,25	ND	ND	1,20	1,75	0,60
DP	0,14	0,35	0,31		0,45	0,71	0,11
Alcanos				Tiol			
	Heptano	Tetradecano	3-metilheptano		1,2 etanoditiol		
Ye 1	ND	ND	0,05		ND		
Ye 2	ND	ND	0,01		ND		
Ye 3	0,24	ND	0,03		0,35		
Ye 4	0,05	ND	0,08		1,05		
Ye 5	ND	0,04	ND		0,07		
DP			0,03		0,41		
Ácido carboxílico				Álcoois			
	Ácido angélico		Ácido 3-metilbutanoico		3-metil 1-butanol		3-furanometanol
Ye 1	2,07		ND		ND		0,22
Ye 2	2,28		ND		ND		ND
Ye 3	1,78		0,19		0,35		0,46
Ye 4	0,72		ND		0,04		0,41
Ye 5	1,35		0,05		0,01		0,04
DP	0,55		0,07		0,15		0,17
Aromáticos							
	Pirazina		1,2,3-trimetilbenzeno				Estireno
Ye 1	ND		ND				ND
Ye 2	0,27		ND				0,06
Ye 3	0,19		0,22				ND
Ye 4	0,38		ND				0,38
Ye 5	0,20		0,10				0,08
DP	0,08		0,06				0,14

CN – Dieta controle negativo; Ye – extratos de leveduras; ND – não detectado; DP – Desvio Padrão.

Dados na Matéria Natural.

Valores em negrito indicam a maior concentração encontrada entre os tratamentos.

A Tabela 6 apresenta as contribuições percentuais das dimensões 1 e 2 para cada composto, bem como a contribuição cumulativa (dim 1 + dim 2), permitindo identificar quais compostos têm maior influência nos eixos que explicam a separação das etapas pré- e pós-extrusão.

Tabela 6. Contribuições e coordenadas de cada composto na análise de componentes principais (PCA).

Composto	Contribuição			Coordenadas	
	Dim.1	Dim.2	Cumulativa	Dim.1	Dim.2
1_2_etanoditiol	3,00	30,57	33,57	0,36	0,85
Benzaldeído	9,85	19,07	28,93	0,66	-0,67
2_4_decadienal	3,65	18,59	22,24	0,40	-0,66
3_furanometanol	0,16	20,76	20,92	0,08	0,70
Hexanal	18,77	0,01	18,78	0,91	-0,02
Ácido angélico	15,51	0,15	15,66	0,83	-0,06
Estireno	13,88	0,60	14,48	0,78	0,12
Octanal	8,67	3,78	12,45	0,62	0,30
Olftaldeído	11,04	0,85	11,89	-0,70	-0,14
1_2_3_trimetilbenzeno	9,90	1,52	11,42	0,66	-0,19
Tetradecano	5,57	4,08	9,65	0,50	0,31

Dim., dimensão.

A coluna de coordenadas indica a direção e a intensidade do impacto de cada composto na separação dos grupos. Coordenadas maiores (positivas ou negativas) indicam maior relação com a separação das etapas. Valores de coordenadas positivos indicam associação com o grupo pós-extrusão (+), já valores de coordenadas negativos indicam associação ao grupo pré-extrusão (-).

Pela contribuição cumulativa, podemos observar que o composto 1,2 etanoditiol é o que apresenta maior capacidade de explicação (33,57%), estando relacionado à etapa pós-extrusão, com uma força de associação alta, principalmente na dimensão 2.

Compostos como o Benzaldeído e o 2,4 decadienal apresentam uma das mais altas explicações cumulativas, porém, a força de associação apresenta sentidos opostos de magnitude semelhantes em cada uma das dimensões, indicando que estes contribuem para a variação explicada em ambas as etapas.

Os compostos 3, furanometanol, Hexanal, Ácido Angélico e Estireno possuem contribuição cumulativa entre 14,48% e 18,78% e força de associação relativamente alta com a etapa pós-extrusão em pelo menos uma das dimensões principais. Os compostos Olftaldeído possui contribuição cumulativa de 11,89% e está associado fortemente ao grupo pré-extrusão em ambas as dimensões de coordenadas.

Na figura 3, podemos notar um total de 61,8% da variância dos dados, sendo 40,3% na dimensão 1 (eixo x) e 21,5% na dimensão 2 (eixo y). As setas indicam os compostos voláteis, apontando suas relações com as etapas Pré- e Pós-extrusão. A direção e o comprimento das setas indicam sua relevância na diferenciação entre as etapas. De forma geral, o gráfico sugere que o processo de extrusão influencia no perfil dos compostos voláteis, apontando

principalmente o Olftaldeído à etapa de pré-extrusão e compostos como 1,2 etanoditiol, Benzaldeído, Hexanal, Ácido Angélico e Estireno à etapa de pós-extrusão.

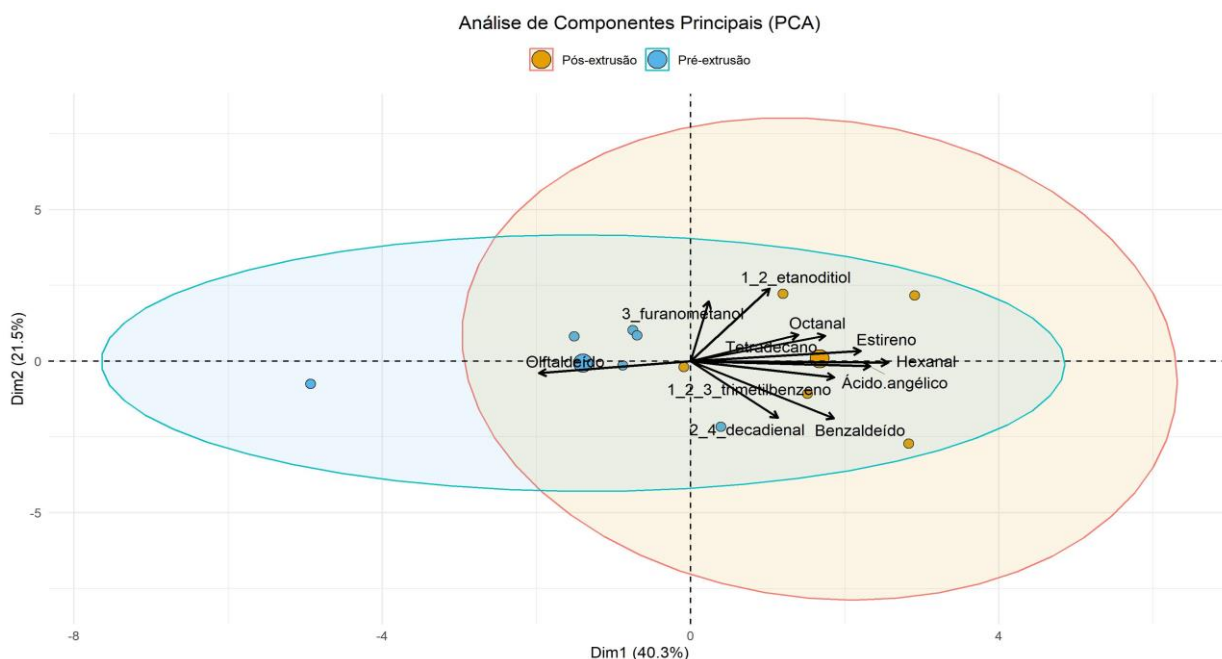


Figura 3: Análise de Componentes Principais (PCA) entre os compostos voláteis pré e pós-extrusão.

A figura 4 aponta o percentual de explicação que cada dimensão contempla, indicando que a dimensão 1 e 2 explicam, no total, 61,8% da variabilidade dos dados. A dimensão 3 sozinha contém 13,6% de explicação. O percentual da variância explicada reduz gradativamente a cada dimensão, sendo menor de 10% já a partir da dimensão 4.

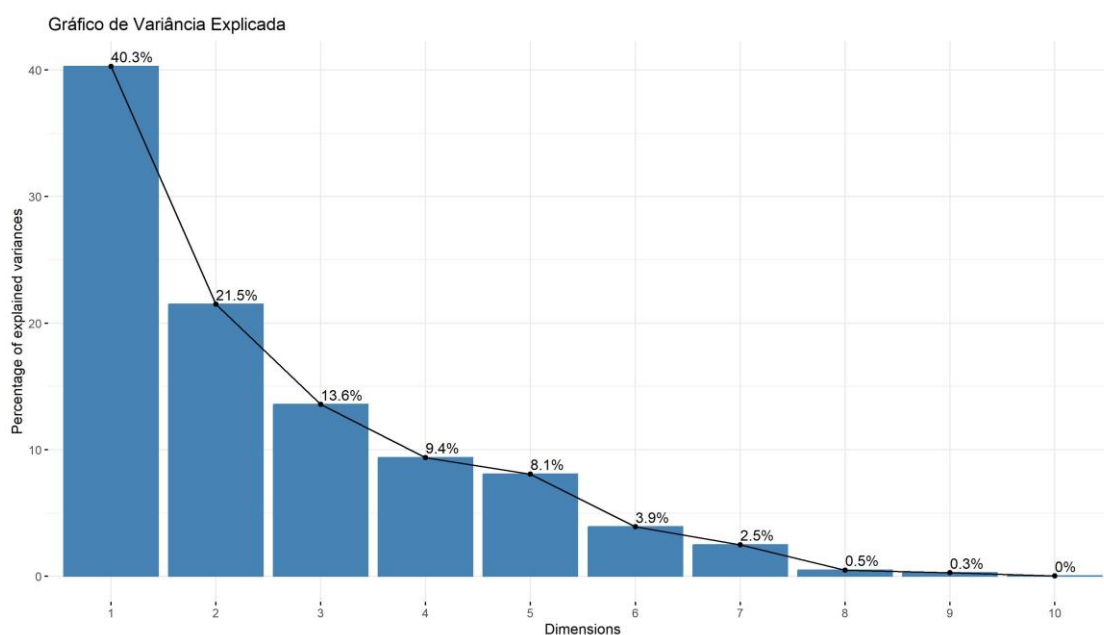


Figura 4: Análise de Variância explicada.

4. Discussão

Considerando que gatos são carnívoros estritos e por isso necessitam de alta quantidade de proteína em suas dietas, os extratos de leveduras, produtos obtidos do conteúdo citoplasmático de células de leveduras, são potenciais ingredientes para uso em *Pet Food*, devido sua qualidade nutricional, funcional e intensificadora de sabor.

Basicamente, a composição dos extratos de leveduras consiste em proteínas, peptídeos e aminoácidos livres, além de serem ricos em ácido glutâmico (Ogoshi et al., 2014), conferindo o sabor umami nos alimentos tanto para humanos quanto para animais. Os estudos já realizados mostraram que os gatos possuem uma forte preferência por dietas que contenham levedura, consumindo mais do que o dobro em comparação com uma dieta controle, em ensaios de palatabilidade (Davenport et al., 2023).

Os extratos de leveduras são em parte utilizados como ingredientes aromatizantes e compostos ativos em alimentos, e dependendo do produto e do modo de preparação, geralmente tem sabor picante e salgado, podendo haver variações mais doces (Tomé, 2021). Assim como no presente trabalho, a boa aceitação e consumo das dietas com inclusão de extratos de leveduras se deve ao seu efeito intensificador de sabor, que ocorre devido à presença de diferentes componentes, como aminoácidos, nucleotídeos e outros aromatizantes produzidos durante o processo de preparação do extrato (Alim et al., 2019).

A complexidade do extrato de levedura não se manifesta apenas nos diferentes tipos de macromoléculas e pequenas moléculas que contém, mas também na diversidade do conteúdo de nutrientes. Por exemplo, para extratos de leveduras obtidos da mesma matéria-prima, materiais e condições de produção, mas com diferentes tempos de processamento, pode haver grandes diferenças na composição do produto, e para diferentes processos de produção e matérias-primas resultam em diferenças ainda maiores (Tao et al., 2023), resultando em diferentes conclusões quanto ao seu uso.

O ácido glutâmico, nucleotídeos, aminoácidos e peptídeos presentes na composição dos extratos, atuam sinergicamente para intensificar o sabor dos produtos alimentícios. Devido à fermentação, os extratos contêm naturalmente cerca de 5% de ácido glutâmico dentro da fração de aminoácido livre, isso contribui para o sabor específico proporcionando um sabor umami (Tomé, 2021). Quando comparados ao glutamato monossódico, os extratos de levedura têm notas de carne, amanteigado e vegetal. Essas diferenças nos sabores são dependentes dos métodos de utilização para sua preparação, afetados pelas interações entre aminoácidos,

nucleotídeos, carboidratos e peptídeos presentes nos extratos e na produção de compostos voláteis (Tomé, 2021).

Os trabalhos que avaliaram os efeitos da adição de extratos de levedura sobre a palatabilidade em gatos constataram que os gatos tiveram forte preferência pela dieta com levedura, quando comparado ao alimento controle ($P < 0,001$) (Bill Kaelle et al., 2022; Davenport et al., 2023), sendo o método de aplicação do ingrediente, em ambos os estudos, na mistura pré-extrusão.

Sob a hipótese de intensificar ainda mais o sabor e aroma das dietas, nesse estudo, testamos o efeito dos extratos por cobertura, adicionados após a extrusão, e verificamos que houve uma melhora significativa de todos os cinco extratos avaliados ($P \geq 0,7$). Por esta razão, as fontes proteicas unicelulares tem tido crescente utilização nos últimos anos.

Todavia, avaliar o nível de inclusão e o modo de aplicação é necessário, pois outros estudos relataram haver efeito negativo na preferência e no consumo após a suplementação com extratos de levedura ou leveduras íntegras. Aquino et al. (2010), ao utilizar extrato seco da parede de levedura a 0,2%; 0,4% e 0,5% (na Matéria Seca) em dietas úmidas para gatos, verificaram que a inclusão de 0,4% parece comprometer a palatabilidade. Já Lima et al. (2015), ao avaliarem a inclusão de 2% de extrato de levedura em dietas úmidas para gatos, verificaram que a palatabilidade foi comprometida com esse nível de inclusão. Teshima et al. (2007) observaram uma melhora na palatabilidade após suplementação com 2% de extrato de levedura após processamento térmico por extrusão em alimentos para cães, enquanto que em estudo de Ogoshi et al. (2014) houve uma diminuição da palatabilidade após suplementação com 1,5% de extrato seco de levedura para gatos. Uma hipótese para esses resultados controversos se deve ao limite de suplementação com substâncias que têm sabor umami e contêm glutamato monossódico porque o excesso pode reduzir a palatabilidade (Halpern, 2000). Outra hipótese está relacionada a uma particularidade dos gatos, uma vez que, estudos demonstraram que os gatos rejeitam aminoácidos que são considerados “amargos” para humanos, como leucina, arginina, isoleucina, fenilalanina e triptofano (Zaghini; Biagi, 2005).

Nesse estudo, testamos a inclusão de 0,25%; 0,5%; 0,75% e 1,0% em alimentos extrusados. Em nenhum nível de inclusão, obtivemos rejeição do alimento testado, que pode ser explicado em virtude do processamento térmico das dietas secas, devido ao glutamato monossódico ser um composto dos extratos de levedura e por não ter sido utilizado sozinho, pois quando usado em altas doses, o glutamato pode não necessariamente resultar em efeito positivo na ingestão, mas pode até mesmo diminuir a aceitação dos alimentos. Portanto, a

relação entre a concentração de glutamato e a aceitação do alimento é complexa e depende de vários fatores, incluindo a combinação com outros ingredientes (Halpern, 2000).

A temperatura durante o processamento pode modificar alguns intensificadores de sabor e diminuir o efeito intensificador de sabor dos extratos de leveduras, o que afeta o limite de suplementação (Shi; Tang, 2003). Dessa forma, os diferentes métodos de preparação podem influenciar na composição química final do produto e consequentemente nos resultados dos testes quanto a palatabilidade.

Durante o preparo dos extratos ou rações, o controle das reações de *Maillard* pode permitir a produção de diferentes sabores, como frango ou outros sabores de carne. As propriedades sensoriais dos extratos são fortemente afetadas por processos de evaporação e secagem, durante a qual são formados compostos de *Maillard* que são responsáveis pelo sabor. Além disso, regular as condições de processo de fabricação também afeta a cor dos extratos de branco a marrom (Tomé, 2021). Dessa forma, os extratos avaliados nesse estudo apresentaram diferentes quantidades de produtos da reação de *Maillard* e compostos voláteis, que eram de diferentes tonalidades.

Na indústria de alimentos para animais de estimação, hidrolisados de proteína animal têm sido utilizados para criar intensificadores de palatabilidade por meio da reação de *Maillard* (Nagodawithana et al., 2008), pois já é conhecido que os produtos *Maillard* têm uma influência positiva na palatabilidade dos alimentos para gatos (Zaghini; Biagi, 2005; Tamanna; Mahmood, 2015). Nesse trabalho, conseguimos identificar a presença de quatro produtos resultados dessa reação, o que pode ter contribuído ainda mais para a intensificação do aroma e sabor, percebida pelos animais. Os compostos analisados (furosina, hidroximetilfurfural, carboximetilisina e lisinoalanina) são produtos formados em diferentes etapas durante as reações de *Maillard*, e vários fatores podem interferir na sua formação (Poulsen et al., 2013) tanto durante a extrusão das dietas quanto no preparo dos extratos.

O composto encontrado em maiores concentrações foi o hidroximetilfurfural, que desempenha um papel importante em características desejáveis nos alimentos, como o escurecimento, aroma e intensificação do sabor. Essas propriedades contribuem para a palatabilidade, o que pode ter influenciado significativamente a aceitação de todas as dietas que incluíram extratos de leveduras.

Como o aroma parece ser o sentido mais importante, primariamente, usado como primeira impressão sobre o alimento a ser consumido pelos gatos (Padodara; Jacob, 2014), os compostos voláteis são necessários para garantir maior atratividade e consumo do alimento.

Sendo assim, o estudo dos compostos voláteis presentes nos extratos de leveduras contribui com melhor entendimento sobre as preferências alimentares dos gatos. Os compostos voláteis analisados nesse trabalho apresentaram diferentes concentrações nos extratos e nos alimentos avaliados.

Quando testado apenas o aroma dos extratos, o extrato ye 5 teve efeito significativo ($P \geq 0,7$), embora os demais extratos também tenham se mostrados atrativos, mas sem resultados significativos estatisticamente. O extrato ye 5 apresentou apenas maiores concentrações de furosina, quando comparado aos demais, o que não pode justificar por si só a maior aceitação. Por outro lado, as concentrações de aldeídos voláteis neste extrato foram as maiores, principalmente benzaldeído, 2,4-decadienal e hexanal. Estes compostos, em geral, são utilizados como indicadores de processo oxidativo de ácidos graxos, pois em níveis elevados desses compostos nos alimentos pode resultar em decréscimo no consumo (Silva et al., 2024). Todavia, nesse estudo, mesmo com os maiores níveis desses compostos não foi constatado decréscimo no consumo, tampouco rejeição do alimento ofertado.

Pétel et al. (2018), ao avaliarem o efeito do aroma, utilizando vasilhas de fundo falso, contendo estímulo olfativo no compartimento abaixo dos alimentos, verificaram que de forma geral, o aroma mais palatável levou os cães a escolherem significativamente o alimento na vasilha acima do aroma. Zoon et al. (2016) destacam que os sinais olfativos podem impactar a escolha alimentar e como o sabor do alimento é congruente com o aroma apresentado.

No entanto, a capacidade olfativa dos gatos não é tão explorada ou compreendida quanto a dos cães, mas estudos recentes criaram evidências de que os gatos podem ter uma capacidade de discriminação olfativa muito superior à dos cães (Zhang et al., 2022). A percepção olfativa inicia quando há aspiração de ar rico em moléculas voláteis que chegam ao *recessus* olfativo, região coberta pela mucosa olfatória localizada na região caudo-dorsal da cavidade nasal (Alvites et al., 2023). O epitélio olfatório dos gatos parece mais concentrado nas regiões mediais do *recessus* olfativo, com distribuição periférica reduzida, o que se traduz em menor número de neurônios sensoriais olfativos e, potencialmente, contribui para uma menor capacidade olfativa desses animais (Hayden et al., 2010; Van Valkenburgh et al., 2014; Buzek et al., 2022).

Yin et al. (2020) identificaram 55 compostos aromáticos em alimentos para cães, pertencentes às classes de aldeídos, ácidos, álcoois, ésteres, cetonas, hidrocarbonetos alifáticos e compostos heterocíclicos. Koppel et al. (2013) identificaram 54 compostos aromáticos em amostras de ração seca para cães, sendo das classes álcoois (seis compostos), aldeídos (15 compostos), cetonas (11 compostos), ésteres (um composto), compostos de enxofre (1

composto), pirazinas (sete compostos), furanos (dois compostos), alcanos (um composto), derivados de benzeno (seis compostos) e terpenos (quatro compostos), e destacam que os ingredientes na formulação e as reações durante o processamento como a reação de *Maillard* e outras reações oxidativas são importantes para o desenvolvimento do total dos compostos voláteis.

Ainda, os diferentes tipos de extratos de levedura, resultantes de diferentes processos de produções, podem variar em seu perfil de compostos voláteis (Alim et al., 2019; Wang et al., 2020). A diversidade e complexidade dos compostos em extrato de levedura dependem do processo e do sistema alimentar e incluem álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos, cetonas, ácidos, ésteres, furanos e compostos heterocíclicos, incluindo pirazinas (Alim et al., 2018; Raza et al., 2019). Devido à série de processos induzidos termicamente, o processo de produção de extratos de leveduras gera uma ampla variedade de compostos voláteis, que são responsáveis pelos aromas de assado, carne e caramelo (Vieira et al., 2013; Lin et al., 2014). Desta forma, o aroma percebido pelo olfato dos gatos é o resultado das notas olfativas de um conjunto de compostos voláteis.

Sun et al. (2022) identificaram 64 compostos voláteis em atrativos caseiros, sendo essa quantidade inferior aos 94 compostos voláteis detectados nos atrativos comerciais. O número de hidrocarbonetos, álcoois, cetoácidos, ésteres e outros voláteis foram, respectivamente, 17, 21, 21, 16 e 8 nos alimentos comerciais, e 14, 15, 12, 4 e 6 nos de fabricação própria, respectivamente. Para aldeídos, 18 foram encontrados nos caseiros, enquanto apenas 11 estavam presentes nos comerciais.

Em nosso trabalho, detectamos 14 compostos voláteis presentes nas dietas extrusadas para gatos, e 17 compostos nos extratos de leveduras, pertencendo às classes: aldeídos, alcanos, tiol, ácido caborxílico, álcoois, e aromáticos. Sabe-se que os gatos preferem alimentos mais ácidos, então compostos cetoácidos mais abundantes podem ter um efeito positivo sobre palatabilidade (Thombre, 2004).

Ao analisarmos a análise de componentes principais (Figura 3), podemos verificar que os compostos 1,2 etanoditiol, Benzaldeído, Hexanal, Ácido Angélico e Estireno estão relacionados à pós-extrusão. Provavelmente, esse conjunto de compostos voláteis detectado nas dietas favoreceu a primeira impressão do gato em relação ao alimento ofertado, e quando os extratos foram incluídos por cobertura ficaram mais intensos seus aromas.

A maioria dos compostos encontrados em extratos de leveduras são desejáveis, com aroma semelhante à carne, doce, nozes, e propriedades de aroma de torra. Como responsáveis

pelo aroma de carnes, torrados e notas doces, os compostos 3-metil 1-butanal, 3-butanodiona, 2,3,5-trimetil-pirazina, acético éster etenílico ácido, 2-metil-5-(metio) furano, 2-furano metanotiol, 1-octen-3-ona, 2-acetil-1-pirrolina e (E, E) -2,4-decadienal, foram identificados no extrato de levedura (Lin et al., 2014).

O composto 2-4-decadienal é um composto volátil que pode ser utilizado como indicador de oxidação em óleos vegetais ricos em ácido linoleico e auxilia na avaliação da qualidade e estabilidade dos alimentos (Sun et al., 2022). Sabe-se que compostos resultantes do processo oxidativo podem reduzir a palatabilidade dos alimentos. No entanto, nesse trabalho, mesmo que encontrados, os níveis dos compostos encontrados não foram capazes de causar rejeição dos alimentos ofertados, ainda mais considerando que todas as dietas quando ofertadas estavam no início de vida de prateleira, com níveis de peróxido não detectados.

Dos compostos analisados em trabalho realizado por Li et al. (2014), o composto 3-metil 1-butanol 3 e 2,4-decadienal foram também detectados em nosso trabalho, e são responsáveis por conferir o aroma associado a um aroma pungente, que pode ser descrito como alcoólico ou de solvente, frequentemente associado à deterioração de alimentos, e notas aromáticas variadas, incluindo características frescas, gordurosas e verdes, respectivamente. Nos extratos de leveduras, os compostos que foram descritos por ter maior contribuição para o perfil de aroma completo foram: 3-ácido metilbutanoico (queijo, rançoso), 2-metil-3-furantiol (carnudo), 4-etilfenol (remédio), 3-metilpiridina (remédio, amargo), ácido propanóico (rançoso, pungente), 3-metilbutanal (chocolate amargo), 3-(metiltio) propanal (batata cozida) e benzeno acetaldeído (mel, doce) (Zhang et al., 2017).

Cada composto é descrito na literatura por proporcionar um aroma ou sabor característico e individual. No entanto, devemos considerar que o sistema olfativo é confrontado com misturas de moléculas que podem ser bastante complexas, contendo vários componentes moleculares individuais. Muitos desses componentes parecem ter efeitos variados em diferentes receptores olfativos, modulando respostas por inibição ou aprimoramento (Xu et al., 2023). Por isso, avaliar o conjunto de notas olfativas, formadas pelos compostos voláteis de um alimento, parece ser mais interessante.

5. Conclusões

Com este trabalho, concluímos que o método mais eficiente para aplicação de extratos de levedura como intensificadores de palatabilidade é a aplicação por cobertura após o processo de extrusão. Além disso, verificamos que o aroma dos extratos de levedura foi também

importante nas escolhas dos animais, embora apenas um dos extratos (YE-5) tenha influenciado as escolhas dos animais de forma significativa. Apesar deste importante achado, ainda não ficou evidente quais são os compostos presentes nesse extrato que melhoraram o consumo dos gatos e também, quais são os compostos que conferem sabor aos extratos de levedura, que favorecem a preferência alimentar quando estes ingredientes são incluídos por cobertura nos alimentos.

Esses achados destacam a importância de estratégias que considerem não apenas o método de aplicação, mas também o processamento e a composição química dos extratos, maximizando a aceitação e o prazer alimentar em gatos domésticos.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Biorigin, pelo financiamento do projeto, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

7. Referências

- Aldrich, G., Koppel, K., 2015. Pet Food Palatability Evaluation: A Review of Standard Assay Techniques and Interpretation of Results with a Primary Focus on Limitations. *Animals* 5, 43–55. <https://doi.org/10.3390/ani5010043>
- Alim, A., Song, H., Liu, Y., Zou, T., Zhang, Y., Zhang, S., 2018. Flavouractive compounds in thermally treated yeast extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(10), 3774–3783. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8891>
- Alim, A., Song, H., Yang, C., Liu, Y., Zou, T., Zhang, Y., Zhang, S., 2019. Changes in the perception of bitter constituents in thermally treated yeast extract. *J Sci Food Agric* 99, 4651–4658. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9705>
- Alvites, R., Caine, A., Cherubini, G.B., Prada, J., Varejão, A.S.P., Maurício, A.C., 2023. The Olfactory Bulb in Companion Animals—Anatomy, Physiology, and Clinical Importance. *Brain Sciences* 13, 713. <https://doi.org/10.3390/brainsci13050713>
- AOAC International. 2005. *Official Methods of Analysis* (18^a ed.). AOAC International.
- Aquino, A.A., Saad, F.M.O.B., Santos, J.P.F., Alves, M.P., Ferrazza, R.A., Miranda, M.C.M.G., 2010. Efeitos do extrato da parede de levedura na digestibilidade, no escore fecal e na palatabilidade de dietas para gatos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62, 622–630. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000300018>
- Bayarjargal, M., Munkhbat, E., Ariunsaikhan, T., Odonchimeg, M., Uurzaikh, T., Gan-Erdene, T., Regdel, D., 2014. Utilization of spent brewer's yeast *Saccharomyces*

- cerevisiae for the production of yeast enzymatic hydrolysate. *Mong. J. Chem.* 12, 88–91. <https://doi.org/10.5564/mjc.v12i0.179>
- Bill Kaelle, G.C., Menezes Souza, C.M., Bastos, T.S., Vasconcellos, R.S., Oliveira, S.G.D., Félix, A.P., 2022. Diet digestibility and palatability and intestinal fermentative products in dogs fed yeast extract. *Italian Journal of Animal Science* 21, 802–810. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2054733>
- Borchani, C., Fonteyn, F., Jamin, G., Paquot, M., Blecker, C., Thonart, P., 2014. Enzymatic process for the fractionation of baker's yeast cell wall (*Saccharomyces cerevisiae*). *Food Chemistry* 163, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.086>
- Buzek, A., Serwańska-Leja, K., Zaworska-Zakrzewska, A., Kasprówicz-Potocka, M., 2022. The Shape of the Nasal Cavity and Adaptations to Sniffing in the Dog (*Canis familiaris*) Compared to Other Domesticated Mammals: A Review Article. *Animals*, 12, 517. <https://doi.org/10.3390/ani12040517>
- Davenport, G.M., Block, S.S., Adolphe, J.L., 2023. Effects of extruded pet foods containing dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on palatability, nutrient digestibility, and fecal quality in dogs and cats. *Translational Animal Science* 7, txad107. <https://doi.org/10.1093/tas/txad107>
- Ebeler, S.E., Terrien, M.B., Butzke, C.E., 2000. Analysis of brandy aroma by solid-phase microextraction and liquid-liquid extraction. *J. Sci. Food Agric.* 80, 625–630. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(200004\)80:5<625::AID-JSFA584>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(200004)80:5<625::AID-JSFA584>3.0.CO;2-5)
- EURASYP - European Association for Specially Yeast Products. Yeast products: Yeast cell wall. Acesso em: 31, julho de 2024.
- FEDIAF., 2021. European Pet Food Industry Federation. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. *FEDIAF Nutritional Guidelines*, 100p.
- Ferket, P.R., 2004. Alternatives to antibiotics in poultry production: responses, practical experience and recommendations. In: Lyons, T.P. and Jacques, K.A. (ed.). *Proceedings of the 20 TH Annual Symposium. Proceedings... Alltech Biotechnology: Nottingham University Press, Nottingham, UK*, 57-67.
- Griffin, R.W., 2003. Palatability testing: parameters and analyses that influence test conclusions. In: Kvamme, J.L., Phillips, T.D. (Eds.), *Petfood Technology*. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL, pp. 187–193.
- Halpern, B.P., 2000. Glutamate and the Flavor of Foods. *The Journal of Nutrition* 130, 910S–914S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.910S>

- Hayden, S., Bekaert, M., Crider, T.A., Mariani, S., Murphy, W.J., Teeling, E.C., 2010. Ecological adaptation determines functional mammalian olfactory subgenomes. *Genome Res.* 20, 1–9. <https://doi.org/10.1101/gr.099416.109>
- Jacob, F.F., Striegel, L., Rychlik, M., Hutzler, M., Methner, F.-J., 2019. Spent Yeast from Brewing Processes: A Biodiverse Starting Material for Yeast Extract Production. *Fermentation* 5, 51. <https://doi.org/10.3390/fermentation5020051>
- Koppel, K., Adhikari, K., Di Donfrancesco, B., 2013. Volatile Compounds in Dry Dog Foods and Their Influence on Sensory Aromatic Profile. *Molecules* 18, 2646–2662. <https://doi.org/10.3390/molecules18032646>
- Lampi, A.-M., Damerau, A., Li, J., Moisio, T., Partanen, R., Forssell, P., Piironen, V., 2015. Changes in lipids and volatile compounds of oat flours and extrudates during processing and storage. *Journal of Cereal Science* 62, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.12.011>
- Lin, C.Y., Alexander, C., Steelman, A., Warzecha, C.M., Godoy, M.R., Swason, K.S., 2019. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on fecal characteristics, nutrient digestibility, fecal fermentative end-products, fecal microbial populations, immune function, and diet palatability in adult dogs. *Journal of Animal Science*, 97,1586–1599. <https://doi.org/10.1093/jas/skz064>
- Lin, M., Liu, X., Xu, Q., Song, H., Li, P., Yao, J., 2014. Aroma-active components of yeast extract pastes with a basic and characteristic meaty flavour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(5),882–9. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6330>
- Liu, J., Tang, X., Zhang, Y., Zhao, W., 2012. Determination of the Volatile Composition in Brown Millet, Milled Millet and Millet Bran by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Molecules* 17, 2271–2282. <https://doi.org/10.3390/molecules17032271>
- M. Lima, L., Silva Jr, J.W., C. S. Ogoshi, R., S. Dos Reis, J., Franca, J., G. Zangeronimo, M., M. O. B. Saad, F., 2015. Evaluation of Raw Yeast Extract (*Saccharomyces cerevisiae*) as an Ingredient, Additive or Palatability Agent in Wet Diet for Cats. *IJB* 8, 1. <https://doi.org/10.5539/ijb.v8n1p1>
- Moyad, M.A., Robinson, L.E., Kittelsrud, J.M., Reeves, S.G., Weaver, S.E., Guzman, A.I., Bubak, M.E., 2009. Immunogenic yeast-based fermentation product reduces allergic rhinitis-induced nasal congestion: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Adv Therapy* 26, 795–804. <https://doi.org/10.1007/s12325-009-0057-y>
- Nagodawithana, T.W., Nelles, L., Trivedi, N.B., 2008. Protein hydrolysates as hypoallergenic, flavors and palatants for companion animals. In *Protein Hydrolysates in Biotechnology*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2008; pp. 191–207

- NRC - National Research Council. Nutrient Requirements of Dogs and Cats; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2006.
- Ogoshi, R.C.S., Zangeronimo, M.G., Dos Reis, J.S., França, J., Santos, J.P.F., Pires, C.P., Chizzotti, A.F., Costa, A.C., Ferreira, L.G., Saad, F.M.O.B., 2014. Acidifying and yeast extract in diets for adults cats. *Animal Science Journal* 85, 555–561. <https://doi.org/10.1111/asj.12166>
- Oliveira, R.T.D., Haese, D., Kill, J.L., Lima, A., Malini, P.V., Thompson, G.R., 2016. Palatability of cat food with sodium pyrophosphate and yeast extract. *Cienc. Rural* 46, 2202–2205. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151651>
- Padodara, R.J., Jacob, N., 2014. Olfactory sense in different animals. *Indian Journal of Veterinary Science*, 2, 1–14.
- Paolini, M., Tonidandel, L., Larcher, R., 2022. Development, validation and application of a fast GC-FID method for the analysis of volatile compounds in spirit drinks and wine. *Food Control*, 136, 108873. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108873>
- Pétel, C., Baron, C., Thomsen, M., Callejon, L., Péron, F., 2018. A new method to assess the influence of odor on food selection in dogs. *Journal of Sensory Studies* 33, e12311. <https://doi.org/10.1111/joss.12311>
- Pires, K.A., Miltenburg, T.Z., Miranda, P.D., Abade, C.C., Janeiro, V., Menolli, A.L.A., Mizubuti, I.Y., Ribeiro, L.B., Vasconcellos, R.S., 2020. Factors affecting the results of food preference tests in cats. *Research in Veterinary Science* 130, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.03.023>
- Poulsen, M.W., Hedegaard, R.V., Andersen, J.M., De Courten, B., Bügel, S., Nielsen, J., Skibsted, L.H., Dragsted, L.O., 2013. Advanced glycation endproducts in food and their effects on health. *Food and Chemical Toxicology* 60, 10–37. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.06.052>
- Raza, A., Begum, N., Song, H., Li, K., Li, P., 2019. Optimization of Headspace Solid-Phase Microextraction (HS-SPME) Parameters for the Analysis of Pyrazines in Yeast Extract via Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS). *Journal of Food Science* 84, 2031–2041. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14694>
- Samant, S.S., Crandall, P.G., Jarma Arroyo, S.E., Seo, H.-S., 2021. Dry Pet Food Flavor Enhancers and Their Impact on Palatability: A Review. *Foods* 10, 2599. <https://doi.org/10.3390/foods10112599>

- Shi Z, Tang, G., 2003. Development of palatants for cannet petfoods. In: Kvamme JL, PhillipsTD. Petfood technology, Illinois: Watt. 180-182.
- Silva, I. C., Santos, P. D. S., Santos Júnior, O. O., Rocha, M., Janeirod, V., Volpato, J. A., Lazari, A., Vasconcellos, R. S., 2024. Influence of mineral source and inclusion levels of iron, copper and zinc on the oxidative stability of extruded cat food. *Journal Animal Feed Science and Technology* 315, 115997. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115997>
- Stercova, E., Kumprechtova, D., Auclair, E., Novakova, J., 2016. Effects of live yeast dietary supplementation on nutrient digestibility and fecal microflora in beagle dogs. *Journal of Animal Science* 94, 2909–2918. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0584>
- Sun, K., Dai, Z., Hong, W., Zhao, J., Zhao, H., Luo, J., Xie, G., 2022. Effects of Maillard Reaction on Volatile Compounds and Antioxidant Capacity of Cat Food Attractant. *Molecules* 27, 7239. <https://doi.org/10.3390/molecules27217239>
- Swanson, K.S., Grieshop, C.M., Flickinger, E.A., Bauer, L.L., Healy, H.-P., Dawson, K.A., Merchen, N.R., Fahey, G.C., 2002. Supplemental Fructooligosaccharides and Mannanooligosaccharides Influence Immune Function, Ileal and Total Tract Nutrient Digestibilities, Microbial Populations and Concentrations of Protein Catabolites in the Large Bowel of Dogs. *The Journal of Nutrition* 132, 980–989. <https://doi.org/10.1093/jn/132.5.980>
- Tamanna, N., Mahmood, N., 2015. Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *International Journal of Food Science* 2015, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>
- Tao, Z., Yuan, H., Liu, M., Liu, Q., Zhang, S., Liu, H., Jiang, Y., Huang, D., Wang, T., 2023. Yeast Extract: Characteristics, Production, Applications and Future Perspectives. *J. Microbiol. Biotechnol.* 33, 151–166. <https://doi.org/10.4014/jmb.2207.07057>
- Teshima, E., Rivera, N. L. M., Kawauchi, I. M., Gomes, M. O. S., Brunetto, M. A., Carciofi, A. C. 2007. Yeast extract fed to dogs: digestibility and palatability. In: *Proceedings of 44th Annual Meeting of Brazilian Animal Science Society* (pp. 3-5). Jaboticabal, Brazil: SBZ.
- Theodoro, S.D.S., Putarov, T.C., Tiemi, C., Volpe, L.M., De Oliveira, C.A.F., Glória, M.B.D.A., Carciofi, A.C., 2019. Effects of the solubility of yeast cell wall preparations on their potential prebiotic properties in dogs. *PLoS ONE* 14, e0225659. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225659>
- Thombre, A.G., 2004. Oral delivery of medications to companion animals: palatability considerations. *Advanced Drug Delivery Reviews* 56, 1399–1413. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2004.02.012>

- Tomé, D., 2021 Extratos de levedura Ingredientes alimentares nutritivos e aromatizantes. *Ciência Alimentar ACS & Tecnologia* 1(4), 487-494.
- Van Valkenburgh, B., Pang, B., Bird, D., Curtis, A., Yee, K., Wysocki, C., Craven, B.A., 2014. Respiratory and Olfactory Turbinates in Feliform and Caniform Carnivorans: The Influence of Snout Length. *The Anatomical Record* 297, 2065–2079. <https://doi.org/10.1002/ar.23026>
- Vieira, E., Brandão, T., Ferreira, I.M.P.L.V.O., 2013. Evaluation of Brewer's Spent Yeast To Produce Flavor Enhancer Nucleotides: Influence of Serial Repitching. *J. Agric. Food Chem.* 61, 8724–8729. <https://doi.org/10.1021/jf4021619>
- Wang, Z., Xiao, Q., Zhuang, J., Feng, T., Ho, C.-T., Song, S., 2020. Characterization of Aroma-Active Compounds in Four Yeast Extracts Using Instrumental and Sensory Techniques. *J. Agric. Food Chem.* 68, 267–278. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06751>
- Wu, Y., Pan, L., Tian, Q., Piao, X., 2018. Comparative digestibility of energy and ileal amino acids in yeast extract and spray-dried porcine plasma fed to pigs. *Archives of Animal Nutrition* 72, 76–84. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2017.1413827>
- Xu, L., Zou, D.-J., Firestein, S., 2023. Odor mixtures: A chord with silent notes. *Front. Ecol. Evol.* 11, 1135486. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1135486>
- Yin, Ming., Shao, S., Zhou, Z., Chen, M., Zhong, F., Li, Y., 2020. Characterization of the Key Aroma Compounds in Dog Foods by Gas Chromatography–Mass Spectrometry, Acceptance Test, and Preference Test. *J. Agric. Food Chem* 68, 9195–9204. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03088>
- Zaghini, G., Biagi, G., 2005. Nutritional Peculiarities and Diet Palatability in the Cat. *Vet Res Commun* 29, 39–44. <https://doi.org/10.1007/s11259-005-0009-1>
- Zhang, L., Bian, Z., Liu, Q., Deng, B., 2022. Dealing With Stress in Cats: What Is New About the Olfactory Strategy? *Front. Vet. Sci.* 9, 928943. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.928943>
- Zhang, Y., Song, H., Li, P., 2017. Determination of potential off-flavour in yeast extract. *LWT-Food Science and Technology*, 82, 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.030>
- Zoon, H., De Graaf, C., Boesveldt, S., 2016. Food Odours Direct Specific Appetite. *Foods* 5, 12. <https://doi.org/10.3390/foods5010012>

CAPÍTULO VI
CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes *in home*, para avaliação de alimentos para cães e gatos, exigem protocolos bem estabelecidos para garantir a confiabilidade dos resultados. Em nosso estudo, conseguimos identificar variáveis essenciais para o desenvolvimento de protocolos que transmitem resultados robustos e possibilitem a condução eficaz dos testes, garantindo confiabilidade dos resultados.

Apesar dos desafios inerentes à execução dos testes *in home*, diversas estratégias podem ser aplicadas para minimizá-los, garantindo a viabilidade da metodologia. Os resultados obtidos com gatos domiciliados alcançados com nosso estudo, demonstraram boa aplicabilidade e correspondem com os resultados observados em painéis de gatos semitreinados.

A determinação do número ideal de animais em testes de palatabilidade *in home* é um fator crítico, sendo necessário um número superior ao utilizado em painéis treinados. Essa necessidade decorre da variabilidade individual dos gatos, do histórico alimentar e das características do alimento testado.

Além disso, verificamos que gatos de até nove anos de idade, independentemente do gênero, apresentam respostas similares nos testes de palatabilidade. No entanto, características comportamentais exercem influência significativa, de forma que animais com melhores escores de comportamento tendem a apresentar melhor desempenho nos testes.

Em relação às características sensoriais de alimentos com extratos de levedura, embora o teste de MANOVA não tenha identificado significância estatística, as correlações observadas apontaram tendências claras de preferência alimentar. Esses achados reforçam o impacto das propriedades físico-químicas dos alimentos nas escolhas dos animais, ainda que algumas variáveis, como o ácido metilbutanoico, tenham apresentado variabilidade nos dados.

No que se refere à aplicação de extratos de levedura como intensificadores de palatabilidade, observamos que a aplicação por cobertura após o processo de extrusão é o método mais eficiente. O odor desses extratos mostrou-se relevante para a aceitação alimentar, sendo que um dos extratos testados (YE-5) influenciou significativamente as escolhas dos animais. No entanto, os compostos específicos responsáveis por esse efeito ainda não foram totalmente elucidados.

Dessa forma, este estudo reforça a importância de estratégias que levem em consideração não apenas o método de aplicação dos extratos de levedura, mas também seu processamento e composição química, visando maximizar a aceitação alimentar dos gatos.

Pesquisas futuras poderão aprofundar a compreensão dos compostos responsáveis por essas interações, contribuindo para o desenvolvimento de alimentos mais atrativos e nutritivos para os felinos domésticos.

Por fim, destaca-se a necessidade de aprofundamento das análises para melhor compreender os compostos responsáveis pela melhora da palatabilidade e da aceitação alimentar. Esse conhecimento permitirá o aprimoramento da formulação de alimentos para gatos, tornando-os ainda mais atrativos e adequados às preferências sensoriais da espécie.

ANEXO I

Nome	Peso (kg)	Sexo	Idade (anos)	Agressão em relação a pessoas	Agressão em relação a outros animais	Ansiedade ou medo	Vocalização excessiva	Inquietação	Distante e independente	Carinhoso com humanos	Interação com outros animais	Nível de atividade
.												
.												
.												
.												
.												

Escala

0 ausente

1 pouco

2 moderado

3 muito

Descrição dos comportamentos

- Agressão em relação a pessoas: Refere-se ao comportamento hostil ou violento de um gato em relação a humanos, que pode incluir arranhões, mordidas ou posturas defensivas.

- Agressão em relação a outros animais: Comportamento agressivo do gato em relação a outros animais, que pode incluir ataques diretos, rosnados ou posturas ameaçadoras.

- Ansiedade ou medo: Indica um estado de apreensão ou receio, evidenciado por comportamentos como se esconder, tremer ou respostas exageradas a estímulos.

- Vocalização excessiva: Refere-se a miados ou vocalizações frequentes e intensas, sem uma razão aparente.

- Inquietação: Movimento constante, dificuldade em relaxar ou permanecer em um só lugar.

- Distante e independente: Refere-se a um comportamento mais reservado, no qual o gato prefere ficar sozinho, sem buscar interações com pessoas ou outros animais.

- Carinhoso com humanos: Nível de afeição ou busca por contato com pessoas. Gatos carinhosos tendem a procurar colo, fazer ronronar, esfregar-se nas pessoas e demonstrar afeto regularmente.

- Interação com outros animais: Refere-se à sociabilidade do gato com outros animais, seja de sua espécie ou de outras.

- Nível de atividade: Refere-se ao quanto o gato é ativo, incluindo brincar, explorar ou se movimentar pelo ambiente.

ANEXO III

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO TCL

Título do projeto:

Avaliação do método *in home* para a realização de testes de palatabilidade e aspectos sensoriais de extratos de leveduras para gatos

Nome do pesquisador principal:

Professor Doutor Ricardo Souza Vasconcellos

Razão social e CIAEP instituição da CEUA que aprovou:

Universidade Estadual de Maringá

Objetivos do estudo:

O estudo tem como objetivo avaliar o efeito da inclusão de quatro níveis de inclusão de dois diferentes extratos de leveduras sobre a palatabilidade, e aspectos sensoriais em gatos.

Procedimentos a serem realizados com os animais: (nº de visitas, o que será realizado e quando, descrição do que será feito com os animais etc.). Potenciais riscos para os animais:

Durante o período da pesquisa, será coletado apenas dados de consumo. Será necessária a coleta das sobras diárias de cada ração ofertada e serão gravadas imagens dos gatos no momento das refeições. Estas imagens possuem caráter experimental, sendo apenas do animal, com foco no comedouro, e sem som, e serão disponibilizadas ao tutor, para que não ocorra nenhuma violação de sua privacidade.

Os tutores serão visitados no início do experimento, para entrega do material, e no término para recolhimento das sobras e pesagem para obtenção dos resultados. Neste meio tempo, terão todo suporte via contato telefônico ou *WhatsApp* sempre que solicitado.

Pretende-se interferir o mínimo possível na rotina do gato, não oferecendo nenhum risco, exceto quanto a aceitação dos alimentos testados. Os alimentos serão quantificados e entregues ao tutor, sendo todo procedimento explicado com detalhes através de um vídeo de treinamento e no momento da primeira visita.

Cronograma: início previsto 13/06/2023 com término 05/07/2023.

Benefícios:

Este projeto terá como benefício o conhecimento da aceitação de um ingrediente com alto potencial de uso na indústria *Pet Food*, e a determinação do melhor nível de inclusão com a resposta da melhora na palatabilidade. Além de padronizar o protocolo de palatabilidade *in home*, que ainda é muitas vezes feito com animais de laboratório e treinados com condições de ambiente controlado.

O teste realizado na casa do tutores reproduz melhor as condições reais, apresentando todos os desafios encontrados pelos tutores na introdução de um novo alimento e a aceitação pelo gato.

Esclarecimentos ao proprietário sobre a participação do animal neste projeto

Sua autorização para a inclusão do(s) seu(s) animal(is) nesse estudo é voluntária. Seu(s) animal(is) poderá(ão) ser retirado(s) do estudo a qualquer momento, sem que isso cause qualquer prejuízo a ele(s) ou a você. A confidencialidade dos seus dados pessoais será preservada. Os membros da CEUA ou as autoridades regulatórias poderão solicitar suas informações, e neste caso, elas serão dirigidas especificamente para fins de inspeções regulares. O Médico Veterinário responsável pelo(s) seu(s) animal(is) será o Dr. Ricardo Souza Vasconcellos, inscrito no CRMV sob o nº 10741 - VP. Além dele, a equipe será composta por: Ingrid Caroline da Silva e Bruna Aparecida Moreira da Silva, inscritas nos respectivos CPFs: 104.886.049-31 e 143.961.209-90, que também se responsabilizarão pelo bem-estar do(s) seu(s) animal(is) durante todo o estudo e ao final dele. Quando for necessário, durante ou após o período do estudo, você poderá entrar em contato com o pesquisador principal ou com a sua equipe pelos contatos:

Tel. de emergência: (44) 99700-3434 (Ricardo)

Equipe: Endereço: Universidade Estadual de Maringá – Av. Colombo, 5790 – Zona 7, Maringá – PR, 87020-900 – Bloco J45

Ou pelo *WhatsApp*: (44) 99948-8499 (Ingrid) e (43) 99645-1230 (Bruna)

Declaração de consentimento

Fui devidamente esclarecido(a) sobre todos os procedimentos deste estudo, seus riscos e benefícios ao(s) animal(is) pelo(s) qual(is) sou responsável. Fui também informado que posso retirar meu(s) animal(is) do estudo a qualquer momento. Ao assinar este Termo de Consentimento, declaro que autorizo a participação do(s) meu(s) animal(is) identificado(s) a seguir, neste projeto. Este documento será assinado em duas vias, sendo que uma ficará com o(a) tutor(a) e outra com o pesquisador.

, de de 2023

Assinatura do responsável pelo(s) animal(is)

Assinatura do pesquisador responsável

Dados de Identificação do Animal

Nome: _____ Idade: _____

Número de identificação: _____

Espécie: _____ Raça: _____

ANEXO III

Formulário

Palatabilidade *in home*

Olá,

Tudo bem?

Estamos recrutando tutores de gatos da cidade de Maringá/Paraná e região para participar de um estudo de palatabilidade *in home*. O objetivo é avaliar a preferência alimentar dos gatos por diferentes alimentos, proporcionando dados valiosos para o desenvolvimento de produtos alimentares mais atrativos e saudáveis.

Se você é tutor de um gato adulto e saudável e está disposto a participar deste estudo, pedimos sua colaboração!

Durante o teste, você receberá amostras de alimentos para oferecer ao seu gato em casa, seguindo um protocolo simples. A participação é voluntária e as instruções serão fornecidas para garantir o bem-estar do animal.

Responda as perguntas abaixo para que possamos conhecê-lo e entrar em contato.

Obrigada pela atenção!

Dados Pessoais

1. Qual seu nome?

2. Sua idade?

3. Em qual cidade você reside?

4. Mora em?

Marcar apenas uma opção.

☐ Casa

☐ Apartamento

5. Possui quantos gatos?

6. Na sua casa, quantas pessoas são responsáveis pela alimentação e cuidados gerais com seu(s) gato(s)?

7. Coloque o nome do seu(s) gato(s) com a respectiva idade entre parênteses, como no exemplo. Ex.: Tobie (2 anos); Jack (3 anos)...

8. Seu(s) gato(s) apresenta(m) algum tipo de doença crônica que necessite tratamento contínuo?

9. Se a resposta foi sim na questão anterior, inclua abaixo o nome(s) do(s) gato(s) e a doença/problema de saúde que ele(s) apresenta(m)

10. Seu gato tem acesso à rua?

11. Qual o tipo de alimentação do(s) seu(s) gato(s)?

Marcar apenas uma opção.

- ☐ Ração seca
☐ Alimento úmido
☐ Alimento caseiro
☐ Sobras de alimento humano
☐ Um pouco de cada tipo de alimento

12. Na sua casa, outros animais têm acesso à ração do(s) gato(s)?

Marcar apenas uma opção.

- ☐ Sim
☐ Não

13. Caso seja possível seu animal ser isolado no momento das refeições, você concordaria em colocá-lo em um estudo para entender as suas preferências alimentares? (Na próxima sessão serão explicados como são os ensaios de palatabilidade)

Marcar apenas uma opção.

- ☐ Sim
☐ Não

Sobre os testes de palatabilidade

14. Quantas vezes ao dia seu gato tem acesso à ração?

Marcar apenas uma opção.

- ☐ 1 x ao dia
☐ 2 x ao dia
☐ Deixo disponível o dia todo

15. É possível fazer o manejo alimentar do seu gato (oferecer alimento em períodos controlados) pelo menos 2 vezes ao dia?

Marcar apenas uma opção.

- ☐ Sim
☐

Depende

☐ Não

16. Você sabe o que é um teste de palatabilidade?

Marcar apenas uma opção.

☐ Sim, eu sei

☐ Nunca ouvi falar

☐ Tenho uma ideia

Palatabilidade pode ser definida como a aceitação de um alimento por um pet no que diz respeito aos aspectos de odor, sabor e textura. Esta característica afetará diretamente o tipo de relação que o animal terá com seu alimento.

Sabendo disso, aceitaria participar de um experimento de palatabilidade?

**não faz nenhum mal ao gato, e terá acompanhamento contínuo no tempo de execução.*

**Todo o material necessário para o experimento (incluindo comedouro, ração e câmera para o monitoramento somente do gato) será fornecido e totalmente gratuito.*

Marcar apenas uma opção.

☐ Sim

☐ Não

17. As rações ofertadas durante o período do experimento serão de boa qualidade, formuladas e processadas por profissionais capacitados. Faz sentido para você?

Marcar apenas uma opção.

☐ Sim

☐ Não

18. O protocolo para o teste de palatabilidade são de dois dias para cada desafio (confronto entre duas rações), sendo um dia de adaptação ao novo alimento ofertado e um dia para coleta de dados (pesagem das sobras das rações).

Consiste em um teste fisiológico em que são avaliados apenas o olfato, paladar e consumo da ração, sem nenhuma invasividade ou situação que possa proporcionar estresse ao animal. Aceita participar mesmo assim?

Marcar apenas uma opção.

☐ Sim

☐ Não

19. Você permite que sejam gravadas imagens apenas de seu(s) gato(s) consumindo as rações do experimento?

**A gravação terá foco somente no comedouro, e estas imagens não serão divulgadas, sendo somente do gato quando em acesso ao comedouro.*

Marcar apenas uma opção.

☐ Sim

☐ Não

20. Deixe seu telefone para contato:

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários