

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO” - FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**GRANULADO DA AMÊNDOA DE CAJU (*ANACARDIUM  
OCCIDENTNALE*) EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA  
CÃES**

**Ana Paula Garcia Gonçalves**

Zootecnista

Jaboticabal

2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO” - FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**GRANULADO DA AMÊNDOA DE CAJU (*ANACARDIUM  
OCCIDENTNALE*) EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA  
CÃES**

**Ana Paula Garcia Gonçalves**

Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

**Jaboticabal – São Paulo - Brasil**

**2024**

G216" Garcia Gonçalves, Ana Paula  
"Granulado da Amêndoa de Caju (*Anacardium  
occidentale*) em alimentos extrusado para cães /  
Ana Paula Garcia Gonçalves. – Jaboticabal, 2024  
65 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual  
Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Aulus Cavalieri Carciofi

1. Nutrição de Cães e gatos. 2. Extrusão. 3.  
Castanha de Caju. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.  
Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** GRANULADO DA AMÊNDOA DE CAJU (*Anacardium occidentale*) EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES

**AUTORA:** ANA PAULA GARCIA GONÇALVES

**ORIENTADOR:** AULUS CAVALIERI CARCIOFI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, área: Saúde Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. AULUS CAVALIERI CARCIOFI (Participação Virtual)  
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. RICARDO SOUZA VASCONCELLOS (Participação Virtual)  
Departamento de Zootecnia / Universidade Estadual de Maringá (UEM) - Maringá/PR

Pós Doutoranda KELLEN DE SOUSA OLIVEIRA (Participação Virtual)  
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

gov.br

Documento assinado digitalmente  
RICARDO SOUZA VASCONCELLOS  
Data: 11/02/2024 16:57:00-0300  
URL: https://www.gov.br

Jaboticabal, 29 de fevereiro de 2024

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Ana Paula Garcia Gonçalves – nascida em 16 de julho de 1993, na cidade de Bauru – SP, filha de Belquiz Vieira Garcia e de Ricardo Luiz Gonçalves. Concluiu o ensino médio no Colégio Interativo em novembro de 2011 na cidade de Bauru – SP. Ingressou no curso de graduação em Zootecnia em março de 2015 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal (UNESP), concluindo-o em agosto de 2021. Realizou Iniciação Científica PIBIC (sem bolsa) no de 2018 a 2019, intitulada “Caracterização e qualidade de fezes de gatos alimentados com dietas extrusadas à base de sorgos branco e vermelho como fonte de carboidrato em diferentes moagens, realizada no Laboratório de nutrição e doenças metabólicas, na Faculdade de Ciências Veterinárias – UNESP – Campus Jaboticabal. No ano de 2022 iniciou o mestrado pelo programa de pós-graduação em Ciências Veterinárias, pela mesma instituição, sendo bolsista do edital Jovens Talentos da UNESP.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Belquiz e meu irmão, Carlos Eduardo que me apoiaram desde a graduação, apoiando minhas decisões e ajudando em tudo que foi preciso.

À toda minha família, pelo apoio, suporte e paciência. Aos meus avós que me criaram, me oferecendo oportunidades de estudos, sem eles nada disso seria possível, sem eles eu não estaria onde eu estou agora.

Ao meu pai, Ricardo e a Leia, que mesmo longe se fizeram presentes, com uma palavra de apoio, mostrando admiração.

À Tia Dedinha que sempre cuidou de mim como filha e a tia Cilene que me incentiva a estudar e conhecer o mundo.

A duas pessoas que já não estão nesse mundo, mas que eu sei que cuidam de mim lá de cima, Vô Toni e Vó Nina, obrigado por serem colo, por sempre proporcionarem o melhor com toda a luz que vocês tinham, cada passo eu sinto vocês pertinho.

Aos oito anos de Lab Nutri que me ensinou tanto, que não existem palavras para agradecer o quanto esses anos todos me ajudaram a crescer na graduação, na pós-graduação, profissionalmente e pessoalmente. E ainda me proporcionarem o maior presente de todos, a Babalu.

Ao time LabNutri, por todo o apoio, todo o companheirismo, conversas e as risadas que sempre tornam os dias de trabalho mais leves. Vocês se tornaram minha segunda casa. Obrigado por aguentarem minhas reclamações, dias com oscilações de humor, dramas, discussões. Mas no fim o que prevalece é o sentimento de acolhimento e amor.

Aos funcionários, Elaine, Kelly, Claudinha e Diego. Elaine com toda a sua dedicação aos animais. Kelly sempre dedicada e pronta para ajudar em qualquer situação. Diego

o rei das gambiarras que facilitam o nosso dia a dia. Claudinha, uma segunda mãe, puxões de orelha, conselhos, suporte, obrigador por ser conforto. Vocês possuem um lugar especial no meu coração.

Ao Professor Aulus, que é uma inspiração, de paciência, de sabedoria e de inteligência. Meu maior orgulho é poder carregar Carciofi et al., comigo e poder falar que eu tive (e ainda tenho) o prazer de trabalhar com o melhor especialista em nutrição de cães e gatos.

Ao meu namorado Vitor, chegou de forma despretensiosa me levando para jantar em um restaurante japonês, e nunca mais saiu da minha vida. Sempre que eu sou capaz, apoiando, incentivando, participando. Obrigado por sempre se fazer presente. Obrigado por me acompanhar nos plantões, nas coletas, nas pesagens de ração. Você fez o caminho ser mais leve. Eu te amo!

Aos amigos novos e aqueles que me aproximei mais durante esses dois anos. Mariana, Thais, Carol Garcia, Paloma, Carol Oliveira, Lucas. Obrigado por serem conforto quando precisei. Obrigado por me ajudarem durante a produção da ração, coletas, análises, escrita e por coisas que passaram o âmbito de trabalho. Vocês são maravilhosos!

Aos amigos fora do trabalho, que me escutavam, acolheram, aconselhavam. Vocês foram essenciais.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 SUSTENTABILIDADE NA AGROINDÚSTRIA.....	8
2.2 CAJUEIRO.....	9
2.3 CASTANHA DE CAJU.....	10
2.4.1 PRODUÇÃO .....	11
2.4.2 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL.....	12
2.4.3 FATORES ANTINUTRICIONAIS.....	12
2.5 CASTANHA DE CAJU NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL .....	13
2.6 PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS PARA CÃES .....	14
2.6.1 GORDURA NO PROCESSO DE EXTRUSÃO .....	15
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
<b>CAPÍTULO 2 – CASHEW NUT CO-PRODUCT IN EXTRUDED FOODS FOR DOGS</b> .....	<b>26</b>
1. INTRODUCTION .....	29
2. MATERIAL AND METHODS .....	31
2.1 INGREDIENTS AND EXPERIMENTAL DIETS.....	31
2.2 SPECIFIC MECHANICAL ENERGY, SPECIFIC THERMAL ENERGY AND KIBBLE MACROSTRUCTURE CALCULATION PROCEDURE.....	33
2.3 EXPERIMENTAL DESIGN AND ANIMALS.....	34
2.4 COEFFICIENTS OF TOTAL TRACT APPARENT DIGESTIBILITY (CTTAD), FAECES CHARACTERISTICS AND FERMENTATION PRODUCTS AND BIOGENIC AMINE CONCENTRATION. ....	35
2.5 PALATABILITY TEST .....	37
2.6 CALCULATIONS AND STATISTICAL ANALYSIS .....	38
3. RESULTS.....	39
4. DISCUSSION .....	41
5. CONCLUSIONS.....	44
6. REFERENCES.....	57



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Jaboticabal



## CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

### CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "Efeito de diferentes inclusões de Castanha de Caju em alimentos extrusados para cães adultos", protocolo nº 3087/22, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 15 de junho de 2022.

Vigência do Projeto	18/06/2022 a 01/03/2023
Espécie / Linhagem	Canina
Nº de animais	24
Peso / Idade	Peso médio 11 kg / idade média 1 a 5 anos
Sexo	Machos e Fêmeas
Origem	Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos "Prof. Dr. Flávio Prada"- Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária (DCCV) – FCAV/UNESP

Jaboticabal, 15 de junho de 2022.

  
Profª Drª Fabiana Pilarski  
Coordenadora – CEUA

## RESUMO

A demanda por alimentos de alta qualidade e nutricionalmente balanceados continua a crescer, com a busca por ingredientes inovadores para melhorar o perfil nutricional das dietas caninas crescente. A castanha de caju é um coproduto do cajueiro, sendo fonte de proteína e gordura que melhora a palatabilidade. Dieta controle à base de farinha de vísceras de aves foi comparada a dietas com níveis de inclusão crescente de grânulos de castanha de caju: 2,5, 5 e 10% sobre os parâmetros do processo de extrusão e ensaio experimental *in vivo*. O processo de extrusão foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, como unidade experimental o tempo de coleta durante a extrusão. Vinte e quatro cães beagle adultos foram avaliados quanto à digestibilidade dos nutrientes, características das fezes, produtos da fermentação microbiana e palatabilidade, conduzido em blocos casualizados, sendo o cão como unidade experimental. Os resultados foram avaliados por contrastes polinomiais de acordo com os níveis de inclusão da castanha de caju e valores de  $P < 0,05$  foram considerados significativos. A amperagem do motor, a pressão da massa e a temperatura da massa antes da matriz reduziram linearmente quando as inclusões de castanha de caju foram aumentadas ( $P < 0,05$ ). A energia térmica específica (STE) aumentou enquanto a energia mecânica específica (SME) diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ). A relação STE/SME foi observada com aumento linear ( $P < 0,01$ ). O aumento da energia total aplicada ( $P < 0,01$ ) resultou em aumento linear do grau de gelatinização do amido ( $P < 0,01$ ). Todos os nutrientes apresentaram coeficiente de digestibilidade acima de 80% para a dieta controles e dietas experimentais. A dieta com 2,5% de castanha de caju apresentou valores elevados de ácido acético, ácido butírico e lactato ( $P < 0,01$ ). As dietas com inclusão de castanha de caju foram primeira escolha dos cães adultos no teste de palatabilidade em comparação com a dieta controle ( $P < 0,01$ ). A castanha de caju pode ser utilizada como ingrediente alternativo na ração para cães, pois apresentou boa digestibilidade e palatabilidade. No processo de extrusão mostrou-se eficiente no auxílio à lubrificação da massa.

**Palavras-chave:** Extrusão, castanha, canino, palatabilidade, energia mecânica

## ABSTRACT

The demand for high-quality and nutritionally balanced foods continues to grow, with an increasing search for innovative ingredients to improve the nutritional profile of canine diets. Cashew nuts, a byproduct of the cashew tree, serve as a source of protein and fat that enhances palatability. A control diet based on poultry by-product meal was compared to diets with increasing levels of cashew nut granules: 2.5%, 5%, and 10%, in terms of extrusion process parameters and an in vivo experimental trial. The extrusion process was conducted using a completely randomized design, with the experimental unit being the collection time during extrusion. Twenty-four adult Beagle dogs were assessed for nutrient digestibility, fecal characteristics, microbial fermentation products, and palatability, conducted in a randomized block design, with the dog as the experimental unit. The results were analyzed using polynomial contrasts according to the levels of cashew nut inclusion, and values of  $P < 0.05$  were considered significant. Motor amperage, mass pressure, and mass temperature before the die decreased linearly as cashew nut inclusions increased ( $P < 0.05$ ). Specific thermal energy (STE) increased while specific mechanical energy (SME) decreased linearly ( $P < 0.01$ ). The STE/SME ratio was observed to increase linearly ( $P < 0.01$ ). The increase in total applied energy ( $P < 0.01$ ) resulted in a linear increase in the degree of starch gelatinization ( $P < 0.01$ ). All nutrients had a digestibility coefficient above 80% for both control and experimental diets. The diet with 2.5% cashew nuts showed elevated levels of acetic acid, butyric acid, and lactate ( $P < 0.01$ ). Diets with cashew nut inclusion were the first choice of the adult dogs in the palatability test compared to the control diet ( $P < 0.01$ ). Cashew nuts can be used as an alternative ingredient in dog food, as they demonstrated good digestibility and palatability. In the extrusion process, they proved efficient in aiding mass lubrication.

**Key-words:** Extrusion, Cashew, Canine, Palatability, Mechanical Energy

## Capítulo 1 – Considerações Gerais

### 1. Introdução

A indústria alimentícia no Brasil gera diversos tipos de coprodutos provenientes das produções de frutas, que não sendo utilizados para alimentação humana. A utilização desses coprodutos na produção de alimentos destinados à animais, auxilia na redução de custos na alimentação e diminui o impacto ambiental, com o uso racional dos recursos naturais e preservação da biodiversidade. A segurança alimentar e nutricional devem ser os pontos principais quando se refere a ecologia industrial, sendo este o conceito mais abordado. Assim, esses coprodutos que antes eram considerados alimentos de baixa qualidade na alimentação humana são transformados em matérias-primas para alimentação animal, apresentando grande ascensão principalmente na indústria *pet food* (Tonet et al., 2016; Vastolo et al., 2019).

Segundo a Abinpet (2023), o Brasil tem a segunda maior população de animais de estimação no mundo, somando 58,1 milhões de cães e 27,1 milhões de gatos. Dessa forma, o Brasil apresenta panorama favorável e fortemente atuante na produção de alimentos para animais de estimação, uma vez que tem abundante disponibilidade de matérias-primas, entre derivados de origem animal e vegetal. O uso generalizado de alimentos completos e balanceados para cães contribuíram para o aumento na expectativa de vida, proporcionando estilo de vida mais saudável e maior praticidade para os tutores (Deng & Swanson, 2015).

A oferta de alimento balanceado e específico para cães e gatos, preconiza, além de fornecer nutrição completa e balanceada, proporcionar saúde, bem-estar e longevidade para cães e gatos (Case et al., 2011; Bragança & Queiroz, 2021). Assim, a busca de novos ingredientes para alimentação animal que possa beneficiar a saúde com bom aproveitamento dos nutrientes e, ainda, promover sustentabilidade ambiental minimizando seu impacto pela utilização de coprodutos da alimentação humana, torna-se perspectiva interessante a ser estudada tanto na nutrição de cães e gatos, como na ecologia industrial com o conceito de “desperdício zero” (Duque-Acevedo, et al., 2021). Pode-se citar como um desses “novos” ingredientes para serem utilizados no mercado *pet food* a castanha de caju.

Assim, o objetivo do presente estudo é avaliar o efeito do granulado da amêndoa da castanha de caju nos níveis de inclusão de 2,5%, 5% e 10% na dieta de cães adultos sobre parâmetros de extrusão, aplicação de energia no processo, parâmetros de digestibilidade, produtos de fermentação microbiana em cólon, característica fecal e palatabilidade dos alimentos.

## **2. Revisão de Literatura**

### **2.1 Sustentabilidade na agroindústria**

A produção agrícola apresentou grande expansão de sua área, triplicando seu crescimento nos últimos 50 anos, em consonância com o crescimento da população mundial (FAO 2016; Duque-Acevedo et al., 2021). Com isso, melhora nos recursos tecnológicos foram necessários devido a maior demanda de produtos alimentícios. Com o aumento constante da população humana e seu impacto no meio ambiente, a sustentabilidade está em constante discussão, incluindo três pilares principais: economia, problemas sociais e o meio-ambiente (Deng & Swanson, 2016). Novas fontes de alimentos são necessárias para desacelerar este desgaste, como o uso de proteínas vegetais, farinha de insetos e coprodutos (Sá et al., 2020). O que gerou uma “simbiose industrial”, uma empresa fornece a energia, outra água e outra matéria prima final (Chertow, 2007; Baldassarre et al., 2019).

Bilhões de toneladas de biomassas são geradas todos os anos pela indústria agrícola em todo o mundo, incluindo resíduos líquidos, sólidos e gasosos. Esses resíduos podem ser considerados um dos recursos mais abundantes, baratos e renováveis do planeta (Santana-Méridas et al., 2012). Esse sistema envolve a utilização de resíduos agrícolas como matéria-prima, que podem ser convertidos em fontes utilizáveis (Santana-Méridas et al., 2012). Existem dois conceitos utilizados nesse contexto, a ecologia industrial e a economia circular. A ecologia industrial busca a integração ideal das atividades, otimizando a utilização dos recursos dos ecossistemas naturais em todos os seus ciclos, baseado em desenvolvimento sustentável com crescimento contínuo e sem o esgotamento dos recursos naturais. Com isso, visa reduzir o desperdício, redesenhando o fluxo industrial e permitindo a

reutilização de produtos de forma econômica e sustentável (Hawken et al. 1999; Levine, 2008). A economia circular é definida como: “aquela que é restauradora e regenerativa, em que visa aproveitar produtos e materiais em sua total utilidade no processo produtivo, proveniente de ciclos técnicos e biológicos” e tem como base a utilização a estratégia dos 3 R, reduzir, limitar e reciclar (Chertow, 2007; Corona et al., 2019).

A aplicabilidade da economia de reaproveitamento das etapas finais de processos, gera melhor desempenho de rendimento e fluxo favorável econômico, valorizando os coprodutos e beneficiando o meio-ambiente (Belaud et al., 2019; Baldassarre et al., 2019). As duas juntas buscam a redução do impacto ambiental das indústrias de forma economicamente atraente (Ehrenfeld, 2004; MacArthur, 2013). Alguns coprodutos de matérias-primas utilizadas na alimentação de seres humanos já são utilizados na nutrição animal, como polpas e bagaços de vegetais de frutas, diminuindo à quantidade de desperdício (Deng & Swanson, 2016).

## 2.2 Cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é uma cultura perene e nativa do Brasil (Figueirêdo Junior, 2006) com alto potencial de crescimento em regiões que passam por períodos de seca. Sua produção é possível em temperaturas que variam entre 5°C e 45°C, mas dificilmente apresentará boa produção em regiões com temperaturas menores que 20°C. Isso ocorre devido a floração e frutificação ser induzida nos períodos secos, resistindo cerca de 6 meses (Ahaotu & Ihekoronye, 2009).

O cajueiro é cultivado em mais de 32 países com destaque para Índia, Vietnã, Nigéria e Brasil (Rabelo et al., 2009; Ahaotu & Ihekoronye, 2009), sendo a região de destaque, o Nordeste com 99,7% da produção nacional. Nessa região, o cajueiro é utilizado como principal fonte de renda para a população, principalmente nos períodos de seca devido a sua alta resistência ao clima quente e seco (Paiva et al., 2006; Morais et al., 2017; Brainer 2022). A partir do cajueiro podem ser obtidos diversos coprodutos que podem ser consumidos *in natura* ou industrializados, como a fabricação de doces, extração da polpa para suco, a castanha de caju torrada, entre outros (Figueirêdo Junior, 2006). Porém, o maior destaque na produção do caju está na amêndoa, que é

responsável por movimentar meio bilhão de dólares por ano, tendo em vista a exportação para os Estados Unidos e Europa (Carvalho, 2005).

O caju quando está totalmente maduro, apresenta alta concentração de açúcar, forte sabor e baixa acidez, e ainda apresenta as vitaminas tiamina, niacina e riboflavina, além de quantidades significativas de minerais, como cobre, zinco, sódio, potássio, cálcio, ferro, fósforo e magnésio (Lowor e Agyente-Badu, 2009).

### **2.3 Castanha de caju**

A castanha de caju é o verdadeiro fruto do caju, representando 90% da renda gerada pela produção do caju no Brasil (Paiva et al., 2006). O fruto é fibroso, alongado, redondo ou piriforme, pesando de 40 a 80 gramas e 60 a 100 mm de comprimento (Maciel et al., 1986). A castanha de caju é constituída por três partes: casca, película e amêndoa. A casca possui um tecido esponjoso com suas cavidades preenchidas por líquido de cor escura e viscoso utilizado nas indústrias químicas, para a fabricação de tintas, lubrificantes e cosméticos (Figueirêdo Junior, 2006). A amêndoa é a parte comestível do fruto, representando 30% do peso da castanha, consumida como fonte de energia e proteína de boa biodisponibilidade (Paiva et al., 2006). No Brasil a produção de castanhas está concentrada na região nordeste, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, sendo o Ceará o maior produtor. O comércio da castanha de caju contribui significativamente para a economia local, gerando mais de 300.000 empregos no Nordeste e possuindo uma área de 424 mil hectares (Oliveira et al., 2015; IBGE, 2022).

Na alimentação humana, a castanha de caju está presente há um longo tempo, trazendo diversos benefícios para a saúde devido aos seus níveis nutricionais (Ritter & Savage, 2007) e presença de ácidos graxos e compostos anti-inflamatórios na sua composição química (Carvalho et al., 2012). Durante a produção, ela passa por duas etapas principais, a secagem e classificação. As castanhas que estiverem fora do padrão de qualidade para o consumo humano são destinadas à produção de farinha e em sequência vão para a alimentação animal, sendo estimado em até 30% (Carvalho, 2005). O conhecimento aprofundado das propriedades físico-químicas e funcionais de coprodutos de origem vegetal é fundamental para melhorar a utilização na formulação de novos alimentos.

### 2.4.1 Produção

A industrialização do caju pode ser dividida em dois processos, a obtenção da castanha de caju e a extração do óleo de castanha de caju (Oliveira et al., 2015). As principais etapas do processamento são, secagem ao sol, torra, descasque, secagem no forno, descascamento e classificação. As operações unitárias de descasque, descascamento e classificação são realizadas manualmente (Jain & Kumar, 1997).

O primeiro passo é a secagem, esse processo deve ocorrer até que as castanhas apresentem a umidade de 7 a 9%. Esse processo evita o aparecimento de fungos durante a estocagem. Durante esse processo, as castanhas são espalhadas em terreiros ou em espaços acimentados por um período de 5 dias. Logo após, ocorre a limpeza para que não tenha nenhuma impureza (Paiva et al., 2000). A primeira classificação consiste em separar as castanhas por tamanho em chapas perfuradas com diversos calibres, para que não aconteça nenhuma decorrência nos próximos processos, posteriormente, a etapa de cozimento é realizada em autoclave a 110°C por dez minutos (Paiva et al., 2006).

Após o cozimento, é realizada a decorticação em máquinas de corte ajustadas aos tipos de classificação, passando as castanhas por um processo de secagem em estufa de circulação de ar quente (60 a 70°C) por 6 a 8 horas para facilitar a soltura da película. Logo após, são resfriadas nas próprias bandejas por cerca de duas horas à temperatura ambiente e realizada a despeliculagem. Este processo separa a película da amêndoa, realizada manualmente (Paiva et al., 2006). Seu processo final é a seleção e classificação, seguindo critérios de tamanho, integridade e cor (Paiva et al., 2000). Durante o beneficiamento da castanha de caju, visa-se a obtenção da castanha inteira, com um bom tamanho e sem deformidades (Oliveira et al., 2015). Uma vez em que as castanhas não apresentam o padrão de qualidade preconizado, as castanhas fora do padrão para o consumo humano são moída para obtenção da farinha utilizada na alimentação animal (Carvalho, 2005).

A produção da castanha de caju pode ser realizada em dois processos, automatizado ou semimecanizado. O segmento automatizado é responsável por 90% do beneficiamento da castanha, resultando na quebra de 40 a 45% de amêndoas ao final do processo. Este processo apresenta uma elevada produtividade, mas com

baixa qualidade, devido ao grande índice de amêndoas quebradas. Já o sistema semimecanizado, os cortes das castanhas são manuais e preservam a qualidade, apresentando cerca de 85% de amêndoas inteiras, porém a produção é menor. As pequenas fábricas operam com o corte manual e cozimento da castanha a vapor, elevando o índice de amêndoas inteiras, melhorando a qualidade (Inamasu et al., 2016).

#### **2.4.2 Composição nutricional**

O teor nutricional está relacionado a porcentagem de proteína e gordura do granulado da castanha de caju, sendo muito atrativos para o consumo. Apresenta valor médio de 46% de extrato etéreo e 22% de proteína (Melo et al. 1998; Paiva et al. 2006; Gomes et al., 2020). Em um estudo realizado por Emelike et al., foram comparadas a farinha desengordura e não desengordurada de castanha de caju, para a alimentação de crianças. A farinha desengordurada apresentou maior teor de proteína bruta (34%) e menor no extrato etéreo (1,6%). Com isso, concluíram que a farinha desengordurada pode ser utilizada como substituição ou enriquecimento de dietas de criança, atendendo a critérios nutricionais.

#### **2.4.3 Fatores antinutricionais**

A biodisponibilidade dos nutrientes presentes nas plantas, como carboidratos, proteínas e lipídios, são frações energéticas do nutriente ingerido utilizados nas funções fisiológicas. Porém, alguns fatores podem interferir nessa biodisponibilidade, como, composição química do nutriente, interação dos compostos alimentares, e os fatores antinutricioanis, como os taninos, oxalatos e fitatos (Thakur et al., 2019; Lakshmi & Kaul, 2011). Os fatores antinutricionais são compostos que reduzem o aproveitamento dos nutrientes e a ingestão de alimentos, gerados naturalmente pelos vegetais, devendo ser eliminados para melhor aproveitamento do alimento (Thakur et al., 2019). A castanha de caju apresenta alguns componentes antinutricionais, como oxalato, fitato, inibidor de tripsina e taninos (Fagbemi et al., 2005; Ritter et al. 2007; Morais et al. 2017).

Em leguminosas, nozes e oleaginosas, o fitato está concentrado na fração proteica dos alimentos. Ele atua na proteína e minerais, formando complexos de

proteínas e mineral-fítico, diminuindo a biodisponibilidade destes, transformando-os em compostos insolúveis, afetando a digestão no intestino delgado (Thakur et al., 2018; Vikram et al., 2020). O oxalato afeta o metabolismo de cálcio e magnésio, reagindo com a proteína e inibindo a digestão peptídica, resultando em irritação no trato gastrointestinal, desenvolvimento de cálculos urinários e hipocalcemia (Thakur et al., 2018; Soetan & Oyewole, 2019).

Inibidores de tripsina ocorrem naturalmente em vegetais, estes podem reduzir a digestibilidade através da sua ligação com as enzimas pancreáticas tripsina e quimotripsina no trato gastrointestinal formando complexos inativos, o que faz com que a digestibilidade do alimento seja reduzida (Woyengo et al., 2017). Os taninos ligam-se as proteínas dietéticas e enzimas digestivas e formam complexos que os animais não conseguem digerir, afetando a digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes, e ainda diminui a palatabilidade (Soetan & Oyewole, 2019).

Diversos métodos podem ser utilizados para reduzir o efeito desses fatores antinutricionais, como a hidratação, fermentação, cozimento, torra, extrusão e melhoramento genético nas sementes. O método mais eficaz depende das propriedades físicas do fator, principalmente a sua instabilidade durante a aplicação de calor (Fagbemi et al. 2005; Nikmaram et al. 2017; Vikram et al., 2020)

## **2.5 Castanha de caju na alimentação animal**

Não foram encontrados estudos em cães utilizando este ingrediente. Contudo em animais de produção existem estudos com sua utilização, não só a castanha de caju, mas também os coprodutos produzidos pelo cajueiro, uma vez que limita o desperdício dos resíduos e, apresentando alta resistência do cajueiro em altas temperaturas em ambiente mais secos.

Em estudo realizado por Dantas Filho et al. (2007), foi avaliado a utilização da polpa de caju desidratada para ovinos, testando quatro inclusões do ingrediente em adição crescente (10, 20, 30, 40%), comparados com uma dieta sem inclusão. Foi possível observar, que ocorreu aumento no consumo de fibra (FDN) na dieta com maior inclusão de polpa de caju (2,58%/PV), considerando que para ovinos o consumo

de FDN é de 0,8 a 1,2% do PV, afetando a digestibilidade. Donkoh et al., 2010 estudaram a castanha de caju crua em ratos como modelos para suínos. Utilizaram quatro dietas, uma dieta controle sem adição da matéria-prima, e as outras três com diferentes inclusões, 50, 100 e 150g/kg. Ao final do estudo observou-se que conforme aumentou a inclusão do ingrediente, houve diminuição da ingestão do alimento, e com isso, concluíram que a presença de taninos e polifenóis vegetais na dieta afetaram a palatabilidade, causando gosto amargo.

Carvalho (2005), avaliou três dietas com diferentes inclusões (6, 12 e 18%) de farelo da amêndoa da castanha de caju, comparando com uma dieta controle, sem adição do ingrediente, em leitões, sem efeito no consumo de ração conforme o aumento da inclusão.

## **2.6 Processamento de alimentos para cães**

O processamento dos alimentos secos para cães ocorre através da tecnologia de cozimento por extrusão, em que a mistura dos alimentos é exposta a alta pressão e temperatura (80 a 200°C) em curto espaço de tempo, de 10 a 270 segundos e de baixo custo (Lankhorst et al., 2006; Reddy & Reddy. 2015). O processo de extrusão é versátil e pode ser utilizado em uma ampla variedade de produtos, promovendo mistura, texturização, homogeneização, expansão, pasteurização e moldagem, através do cozimento da mistura, favorecendo a qualidade final (Riaz, 2000). O processamento apresenta diversas vantagens, como, inativação de fatores antinutricionais, promovendo aumento no prazo de validade, maior digestibilidade dos nutrientes e melhor palatabilidade (Lankhorst et al., 2006). A qualidade do produto pode variar dependendo do tipo de extrusora, configuração do parafuso, umidade e temperatura no canhão e velocidade da rosca (Ding, 2004). Todo o processo é constituído por um alimentador, pré-condicionador, extrusora em si e matriz, e cada um desses componentes desempenha uma função específica (Reschsteiner, 2005; Bazolli, 2015).

O pré-condicionador aumenta a umidade e a temperatura da massa, estabilizando a extrusora. Com a adição de vapor e água, a massa é homogeneizada formando uma massa (Riaz, 2000). Após sair do pré-condicionador, a massa vai entrar

na extrusora, que consiste em um sistema de rosca-sem-fim, conhecido como canhão da extrusora, a temperatura da mistura pode chegar a 160°C a uma pressão de 40 atm em menos de 30 segundos (Ding et al., 2004; Reddy & Reddy 2015). A rosca-sem-fim comprime a massa, gerando a energia mecânica, que pode ser influenciada pela sua configuração. O atrito que ocorre durante a compressão gera a energia térmica devido ao atrito, elevando a temperatura da massa e proporcionando o cozimento do amido (Ding et al., 2004).

A última parte do processo é quando a massa passa pela matriz, que possui duas funções, a primeira é promover o controle da saída do produto, gerando uma pressão necessária para a aplicação da energia mecânica. A segunda função é dar o formato final do *kibble*, através do corte da massa no orifício com a velocidade do corte controlada (Cowell, 2000).

Os principais componentes que são importantes para o processo são, amido, proteínas, lipídios e fibras. Alimentos ricos em amido resultam em massa fluida, isso ajuda na formação de estruturas do *kibble* (Ilo et al., 2000). As duas principais fontes de energia são a mecânica e a térmica. A energia mecânica é causada pelo atrito da massa à medida que a massa é movida para frente. A dissipação de energia mecânica ocorre durante o cozimento, devido ao cisalhamento e fricção dos polímeros de amidos (Ilo et al., 2000; Sorensen et al., 2010). A energia térmica é causada pela dissipação de energia do motor que é transformada em calor, aumentando a temperatura e pode ser adicionado em forma de vapor no pré-condicionador. A alta temperatura reduz a viscosidade e aumenta o vapor, o que pode afetar diretamente na expansão do produto (Sorensen et al., 2010).

### **2.6.1 Gordura no processo de extrusão**

O sistema de extrusão é otimizado para que o amido seja o componente principal, colocando a utilização de lipídios e proteínas como desafio durante o processo com as configurações recomendadas. Matérias-primas com alto teor de gordura geram problemas no começo do processo, promovendo no sistema de alimentação a formação de “buracos” na massa, o que afeta a taxa de alimentação, resultando em instabilidade e impedindo a massa de fluir para a rosca (Twombly, 2020).

Variações nos parâmetros do processo de extrusão, como temperatura, umidade, taxa de alimentação, velocidade da rosca e adição de lipídios são os principais responsáveis pelos impactos nas propriedades físico-químicas dos alimentos extrusados, desempenhando papel primordial na estabilização lipídica (Moisio et al., 2015). Durante o processo de extrusão, os lipídios tendem a se ligar ao amido e as proteínas, formando o complexo amido-lipídio. Pilli et al. (2014) mostrou que essa interação era favorecida quando a temperatura do canhão da extrusora era alta, sendo alta a umidade na taxa de alimentação. No entanto, no ponto de vista de qualidade, não foi possível observar resultados positivos devido ao produto apresentar alta densidade e dureza e, ainda perda de óleo na extrusora. Em aspectos nutricionais, a formação desse complexo é favorável. Esse complexo causa estabilidade oxidativa dos lipídios e diminui a eficiência de digestão do amido no intestino delgado, causando redução no índice glicêmico. Com essa redução na digestão do amido, parte dele torna-se resistente à digestão, portanto, constituem uma fonte de fibra alimentar (Gulati et al., 2020).

Os lipídios atuam no processo de extrusão como plastificantes, aumentando a mobilidade da massa e diminuindo a viscosidade. A presença de altos teores (<5%) tende a reduzir a energia mecânica, o que pode afetar negativamente a expansão do produto (Ilo et al., 2000; Gulati et al., 2020). A fonte de gordura também é importante sobre a taxa de expansão, por exemplo, a canola integral apresenta menos efeito na expansão do que a canola integral. O aquecimento das fontes de 40 a 60°C antes do processo, minimiza as alterações na viscosidade, auxilia no cozimento e reduz o efeito na expansão do produto (Rokey, et al., 2010).

### **3. Referências Bibliográficas**

Ahaotu, E.O; Ihekoronye, B. Environmental, Ecological and Anti-Nutritional Factors for Cashew Utilization in Rabbit Production – A Review. **International Journal Of Research In Agriculture And Forestry**, Nigeria, v. 6, n. 1, p. 8-22, nov. 2009.

Baldassarre, Brian; Schepers, Micky; Bocken, Nancy; Cuppen, Eefje; Korevaar, Gijsbert; Calabretta, Giulia. Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-

industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. **Journal Of Cleaner Production Journal**, [s. l], p. 446-460, jan. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.091>

Belaud, jean-pierre; Adoue, cyril; Vialle, claire; Chorro, Antoine; Sablayrolles, Caroline. A circular economy and industrial ecology toolbox for developing an eco-industrial park: perspectives from French policy. **Clean Technologies And Environmental Policy**. Alemanha, p. 967-985. fev. 2019.

Bragança, D. R., & Queiroz, E. O. Manejo nutricional de cães e gatos e as tendências no mercado pet food: Revisão. **Pubvet**, 15(2), 1–11. 2021. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n02a756.1-11>

Brainer, Maria Simone de Castro Pereira. Cajucultura. **Caderno Setorial Etene**, Ceará, v. 230, n. 7, p. 1-19, jun. 2022.

Bazolli, Rodrigo Sousa; Vasconcellos, Ricardo Souza; Oliveira, Luciana Domingues de; SÁ, Fabiano Cesar; Pereira, Gener Tadeu; Carciofi, Aulus Cavalieri Carciofi. Effect of the particle size of maize, rice, and sorghum in extruded diets for dogs on starch gelatinization, digestibility, and the fecal concentration of fermentation products. **Journal Of Animal Science**. Jaboticabal, p. 2956-2966. jun. 2015. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8409>.

Carvalho, P. R. D. L. **Desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão do farelo de amêndoa da castanha de caju e formas de arraçoamento**. 2005. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

Carvalho, Izabela Maria Montezano de; Queiroz, José Humberto de; Brito, Larissa Froede; Toledo, Renata Celi Lopes; Souza, Agostinho Lopes de. O consumo de

castanhas pode reduzir o risco de processos inflamatórios e doenças crônicas. **Enciclopédia Biosfera**. Viçosa, p. 1977-1996. nov. 12.

CASE, L. P. et al. Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals, 3rd Edition, Elsevier Health Sciences, 2011.

Chertow, M., 2007. "Uncovering" industrial symbiosis. **J. Ind. Ecol.** 11 (1), 20. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>.

Corona, Blanca; Shen, Li; Reike, Denise; Carreón, Jesús Rosales; WORRELL, Ernst. Towards sustainable development through the circular economy—A review and critical assessment on current circularity metrics. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 151, p. 104498, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104498>.

COWELL, C. S. et al Making commercial pet food. In: HAND, M. et al. Small animal clinical nutrition, 4ed Kansas: Mark Morris Institute, 2000. p. 127-146.

Dantas Filho, L. A., Lopes, J. B., Vasconcelos, V. R., oliveira, M. E. de., Alves, A. A., Araújo, D. L. da C., & Conceição, W. L. F... Inclusão de polpa de caju desidratada na alimentação de ovinos: desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Teresina, v. 36, n. 1, p. 147-154, fev. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100018>

Deng, P.; Swanson, K. S. Companion Animals Symposium: Future aspects and perceptions of companion animal nutrition and sustainability. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 3, p. 823-834, 2015. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8520>

Ding, Qing-Bo; Ainsworth, Paul; Tucker, Gregory; Marson, Hayley. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal Of Food Engineering**. Manchester, p. 283-289. mar. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.019>

Donkoh, Armstrong; Attoh-Kotoku, Victoria; Kwame, Reginald Osei; Gascar, Richard. Evaluation of Nutritional Quality of Dried Cashew Nut Testa Using Laboratory Rat as a Model for Pigs. **The Scientificworld Journal**, Kumasi, v. 2012, p. 2-5, dez. 2011. <https://doi.org/10.1100/2012/984249>

Duque-Acevedo, M., Belmonte-Urena, L.J., Cortes-Garcia, F.J., Camacho-Ferre, F. Agricultural waste: Review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses. **Global Ecology and Conservation**. 22, e00902. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00902>. 2021.

Ehrenfeld, John. Industrial ecology: a new field or only a metaphor? **Journal Of Cleaner Production**, New Haven, v. 12, p. 825-831, fev. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.003>

Ellen Macarthur Foundation. Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition. **Ellen Macarthur Foundation**, Cowes, pp 3–4. 2015.

Emelike, N.J.T., Barber, L.I., & Ebere, C.O. (2015). Proximate, mineral and functional properties of defatted and undefatted cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) kernel flour. **European Journal of Food Science and Technology**. 3(4), 11-19. Retrieved from European Centre for Research Training and Development UK

Fagbemi, T. N., Oshodi, A. A., & Ipinmoroti, K. O. (2005). Processing effects on some antinutritional factors and in vitro multienzyme protein digestibility (IVPD) of three tropical seeds: breadnut (*Artocarpus altilis*), cashewnut (*Anacardium occidentale*) and fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). **Pakistan Journal of Nutrition**, 4(4), 250-256.

Figueirêdo Junior, Hugo Santana de. Desafios Para a Cajucultura no Brasil: O Comportamento da Oferta e da Demanda da Castanha de Caju. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 4, p. 550-571, out. 2006.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The State of Food and Agriculture. Climate Change, Agriculture and Food Security. <http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf>. 2016.

Gomes, T. R., Freitas, E. R., Watanabe, P. H., Sousa, A. D. R., Ferreira, A. C. S., & Tavares, L. M. D. S. (2020). Farelo de castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) na alimentação de coelhos em crescimento. **Ciência Animal Brasileira**, 21. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-61927>

GULATI, Paridhi. Impacts of extrusion processing on nutritional components in cereals and legumes: Carbohydrates, proteins, lipids, vitamins, and minerals. **Nebraska: Elsevier Inc**, 2020. Cap. 13. p. 415-433.

Hawken, P.,A. Lovins, AND L. H. Lovins. **Natural capitalism**. Boston: Little, Brown and Company. 1999.

IBGE. (2020). Produção Agrícola - Laovura Permanente. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/15/11915>. Acesso em: 16 maio 2022. 2020.

Ilo, S.; Schoenlechner, Regine; Berghofe, E. Role of lipids in the extrusion cooking processes. **Grasas y Aceite**, Vienna, v. 51, n. 1, p. 97-110, jul. 2000. <https://doi.org/10.3989/gya.2000.v51.i1-2.410>

Inamasu, Ricardo Yassushi; Biscegli, Clóvis Isberto; Paiva, Francisco Fábio de Assis. **Máquina Pneumática para Abrir Castanha-de-caju**. São Carlos: Embrapa, 2006. 5 p.

Jain, R.K.; Kumar, Sivala. Development of a cashew nut sheller. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 339-345, maio 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774\(97\)00020-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774(97)00020-4).

Lakshmi, A. Jyothi; Kaul, Purnima. Nutritional potential, bioaccessibility of minerals and functionality of watermelon (*Citrullus vulgaris*) seeds. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 44, n. 8, p. 1821-1826, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.04.001>.

Lankhorst, C.; Tran, Q.D.; Havenaar, R.; Hendriks, W.H.; Poel, A.F.B. van Der. The effect of extrusion on the nutritional value of canine diets as assessed by in vitro indicators. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 138, n. 3-4, p. 285-297, nov. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.015>

Levine, Stephen H. Comparing Products and Production in Ecological and Industrial Systems. **Journal Of Industrial Ecology**. Massachusetts, p. 33-42. jan. 2003. <https://doi.org/10.1162/108819803322564334>

Liang, Jiaming; Lu, Qingye; Lerner, Robert; Sun, Xiaohui; Zeng, Hongbo; Liu, Yang. Agricultural Wastes. **Water Environment Research**, [S.L.], v. 83, n. 10, p. 1439-1466, jan. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2175/106143011x13075599869614>.

Lowor, S.T., Agyente-Badu, C.K., 2009. Mineral and proximate composition of cashew apple (*Anacardium Occidentale* L.) juice from northern savannah, forest and coastal savannah regions in Ghana. **Am. J. Food Technol.** 4, 154-161. Doi: 10.3923/ajft.2009.154.161

Maciel, M.I., Hansen, J.T., Aldinger, S.B., Labows, J.N., 1986. Flavor chemistry of cashew apple juice. **Journal Agriculture Food Chemistry**. 34, 923-927. <https://doi.org/10.1021/jf00071a039>.

Melo, M. L. P., Maia, G. A., Silva, A. P. V., Oliveira, G. S. F., & Figueiredo, R. W. (1998). Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Food Science and Technology**, 18, 184-187. <https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000200008>.

Moisio, Timo; Forssell, Pirkko; Partanen, Riitta; Damerou, Annelie; Hill, Sandra E.. Reorganisation of starch, proteins and lipids in extrusion of oats. **Journal Of Cereal Science**, [S.L.], v. 64, p. 48-55, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2015.04.001>.

Morais, S. M., Silva, K. A., Araujo, H., Vieira, I. G., Alves, D. R., Fontenelle, R. O., & Silva, A. M. (2017). Anacardic acid constituents from cashew nut shell liquid: NMR characterization and the effect of unsaturation on its biological activities. **Pharmaceuticals**, 10(1), 31. Doi: <https://doi.org/10.3390/ph10010031>

Nikmaram, N., Leong, S. Y., Koubaa, M., Zhu, Z., Barba, F. J., Greiner, R., ... & Roohinejad, S. (2017). Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. **Food control**, 79, 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.027>

Oliveira, N.F; Leal, R.S; Dantas, T.N.C. The importance of the cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) coat: a review. **Americanij**, v. 2, n. 9, p. 9-41, jun. 2015.

Paiva, Francisco Fábio de Assis; Garrutti, Deborah dos Santos; Silva Neto, Raimundo Marcelino da. Aproveitamento do Caju. In: Paiva, Francisco Fábio de Assis; Garrutti, Deborah dos Santos; Silva Neto, Raimundo Marcelino da. **Aproveitamento do Caju**. Sl: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. Cap. 2. p. 17-31

Paiva, Francisco Fábio de Assis *et al.* Processamento de Castanha de Caju. Brasília: Embrapa, 2006. 58 p.

Pilli, T. de; Derossi, A.; Talja, R. A.; Jouppila, K.; Severini, C.. Starch–lipid complex formation during extrusion-cooking of model system (rice starch and oleic acid) and real food (rice starch and pistachio nut flour). **Euro Food Res Technology**. p. 517-525. 6 jan. 2012.

Rabelo MC, Fontes CPML, and Rodrigues S (2009). Enzyme synthesis of oligosaccharides using cashew apple juice as substrate. *Bioresour. Technol.* <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.06.060>.

Reddy, Gowri Naidu; Reddy, Yerradoddi Ramana. Extrusion technology. **Animal Feed Technology**, v. 1, p. 311-326, nov. 2015.

Reschsteiner, M. S. **Produção, digestibilidade e amido resistente em biscoitos extrusados a partir da farinha e fécula de batata doce e mandioca**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

Riaz, M. N. (Ed.). (2000). *Extruders in food applications*. CRC press.

Ritter, M. M. C., & Savage, G. P. (2007). Soluble and insoluble oxalate content of nuts. **Journal of Food Composition and Analysis**, 20(3-4), 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.12.001>.

Rokey, Galen J.; Plattner, Brian; Souza, Edivaldo M. de. Feed extrusion process description. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 39, n., p. 510-518, jul. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982010001300055>.

Sá, Amanda Gomes Almeida; Silva, Daniele Cristina da; Pacheco, Maria Teresa Bertoldo; Moreno, Yara Maria Franco; Carciofi, Bruno Augusto Mattar. Oilseed by-products as plant-based protein sources: Amino acid profile and digestibility. **Future Foods**, Santa Catarina, v. 3, p. 2-7, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2020.100023>.

Santana-Méridas, Omar; González-Coloma, Azucena; Sánchez-Vioque, Raúl. Agricultural residues as a source of bioactive natural products. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, n. 4, p. 447-466, 30 nov. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-012-9266-0>.

Sorensen, Mette; Nguyen, Giao; Storebakken, Trond; Overland, Margareth. Starch source, screw configuration and injection of steam into the barrel affect the physical quality of extruded fish feed. **Aquaculture Research**. Norway, p. 419-432. jun. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02346.x>

Soetan, K. O.; Oyewole, O. E. The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. **African Journal Of Food Science**, SI, v. 2, n. 9, p. 223-232, set. 2009.

Tonet, Rosa Maira; SILVA, Alessandra Aparecida; PONTARA, Lucimar Peres. Alimentos alternativos para aves e suínos em sistemas de produção com base agroecológica. **Pubvet**, Maringá, v. 8, n. 10, p. 628-635, ago. 2016. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n8.628-635>.

Thakur, Abhishek; Sharma, Vishal; Thakur, Aayushee. An overview of anti-nutritional factors in food. **International Journal Of Chemical Studies**, v. 7, n. 1, p. 2472-2479, 2019.

Twombly, Wesley. Raw material behaviors in extrusion processing II (Proteins, lipids, and other minor ingredients). **Extrusion Cooking**, p. 153-178, 2020. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-815360-4.00005-5>.

Vastolo, A., Calabró, S., Liotta, L., Musco, N., Di Rosa, A.R., Cutrignelli, M.I., Chiofalo, B., In vitro fermentation and chemical characteristics of Mediterranean by-products for swine nutrition. **Animals**, 9 (8), 556. <https://doi.org/10.3390/ani9080556>, 2019.

Vikram, Nitin; Katiyar, Sunil Kumar; Singh, Chandra Bhushan; Husain, Raja; Gangwar, Lokesh Kumar. A Review on Anti-Nutritional Factors. **International Journal Of Current Microbiology And Applied Sciences**, [S.L.], v. 9, n. 5, p. 1128-1137, 10 maio 2020. Excellent Publishers. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.123>.

Woyengo, T.A.; Beltranena, E.; Zijlstra, R.T. Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 233, p. 76-86, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.006>.

## **CAPÍTULO 2 – Cashew nut co-product in extruded foods for dogs**

<sup>1</sup>Artigo redigido conforme as normas de publicação *Archives of Animal Nutrition*

## **Cashew nut co-product in extruded foods for dogs**

**Ana Paula Garcia Gonçalves, Lucas Bassi Scarpim, Caroline Alves Garcia, Taíne C da Silva, Camila Goloni, Thaís de Souza Ávida Castro, Paloma Ricardo, Carolina Cristina Oliveira, Aulus Cavalieri Carciofi\***

School of Agricultural and Veterinary Sciences (FCAV), São Paulo State University – UNESP, Jaboticabal, São Paulo 14884-900, Brazil

\* Contact: Aulus Cavalieri Carciofi. Email: [aulus.carciofi@unesp.br](mailto:aulus.carciofi@unesp.br)

Running title: Cashew nut in extruded foods for dogs

Ana Paula Garcia Gonçalves: <https://orcid.org/0009-0007-4300-1811>

Lucas Bassi Scarpim: <https://orcid.org/0000-0003-0503-2805>

Caroline Alves Garcia: <https://orcid.org/0000-0002-5588-1533>

Camila Goloni: <https://orcid.org/0000-0002-9602-4183>

Thaís de Souza Ávida Castro: <https://orcid.org/0000-0001-5644-4426>

Paloma Ricardo: <https://orcid.org/0009-0009-2887-0036>

Carolina Cristina Oliveira: <https://orcid.org/0009-0002-9547-9271>

Aulus Cavalieri Carciofi: <https://orcid.org/0000-0003-3859-3983>

## CASHEW NUT CO-PRODUCT IN EXTRUDED FOODS FOR DOGS

### Abstract

As demand for high-quality and nutritionally balanced pet food continues to grow, the search of innovative ingredients to enhance the nutritional profile of canine diets is increasing. Cashew nuts, a co-product source of protein and fat, improve great palatability. A control diet based on conventional poultry by-product meal was used and compared with graded substitution levels of Cashew nut raw granules inclusion in 3 levels: 2.5, 5% and 10% to parameters during the extrusion process and *in vivo* experimental trial. The extrusion process was conducted in a completely randomized design as time of extrusion parameter collection as experimental unit. Twenty-four adult beagle dogs were used to determine digestibility, faeces characteristics, concentration of products of microbial fermentation and palatability. To this experiment, one dog was performed as experimental unit and conducted in two randomized blocks, each one with twelve dogs, three repetitions per treatment, totalling six repetitions per diet. Results were evaluated by polynomial contrasts according to the cashew nut inclusion levels and values of  $P < 0.05$  were considered significant. Motor amperage, mass pressure and mass temperature before the die reduced linearly when the inclusions of cashew nut were increased ( $P < 0.05$ ). Kibble temperature after die decreased ( $P < 0.01$ ) while kibble density increased linearly ( $P < 0.01$ ). The specific thermal energy (STE) increased while specific mechanical energy (SME) decreased linearly ( $P < 0.01$ ). The STE/SME ratio was observed as linearly increase ( $P < 0.01$ ). The increase of total energy applied ( $P < 0.01$ ) resulted in a linear increase of the starch gelatinization degree ( $P < 0.01$ ). The digestibility coefficients were the same in the experimental diets ( $P > 0.05$ ) higher than 85%. The 2.5% of cashew nut diet showed high values to acetic acid, butyric acid and lactate compared to another diets ( $P < 0.01$ ). The cashew nut diets were the intake ratio and first choice of adult dogs in the palatability test compared to poultry by-product meal diet ( $P < 0.01$ ). Cashew nuts can be used as an alternative ingredient in dog food, as it showed good digestibility and palatability. In the extrusion process, it proved to be efficient in helping to lubricate the mass.

**Key-words:** Extrusion, kernel, canine, palatability, mechanical energy

## 1. Introduction

As demand for high-quality and nutritionally balanced pet food continues to grow, the search of innovative ingredients to enhance the nutritional profile of canine diets is increasing (Deng & Swanson, 2015). Brazil is the sixth-largest global producer of cashew nuts (Freitas et al. 2006; Brainer, 2022). In this context, cashews have emerged as a particularly promising inclusion, being applied in farmed animal diets due to their fat-rich nutrient content, adequate amount of protein and palatability (Fanimó et al. 2004; Gomes et al. 2020; Jamshidi, 2021).

The cashew nut consists of three parts: shell, skin, and kernel. The shell has a spongy tissue with cavities filled with a dark and viscous liquid used in the chemical industries to produce paints, lubricants, and cosmetics (Figueirêdo Junior, 2006). The nut's kernel is the edible part of the fruit, accounting for 30% of the weight of the cashew nut, consumed as a valuable source of energy, due to the fat concentration, as well, presents a substantial protein content being approximately 48,3% and 21,7%, respectively (Melo et al. 1998; Paiva et al. 2006).

Cashews are adequate and commonly used in human nutrition (Freitas et al. 2011). The kernel extraction processing involves harvesting, extraction of the nut, drying, breaking the shell, roasting, and sorting. In this process the kernel may fragment, resulting in cashew nut granules (Figueirêdo Junior, 2006). This by-product has a chemical composition and nutritional value similar to that of whole cashews kernel, but its use in human nutrition is limited by its presentation (Akande et al. 2015)

Cashew nuts present some antinutritional compounds such as anacardic acid, oxalic acid phytic acid, trypsin inhibitor, and tannins (Fagbemi et al. 2005; Ritter et al. 2007; Morais et al. 2017). Several methods can be employed to reduce or even deactivate these antinutritional factors in cashew nuts, such as hydration, fermentation, roasting, and extrusion (Fagbemi et al. 2005; Nikmaram et al. 2017). The use of the extrusion process is a low-cost and efficient method for deactivating antinutritional compounds by destroying the integrity of the structure and preventing antinutritional action (Riaz, 2000; Nikmaram et al. 2017).

Determining the amount of cashew included in the diet becomes crucial when extrusion considering extrusion process to inactivate antinutritional factors. Diets containing a high fat content reduce the application of specific mechanical energy by decreasing shear, increasing kibble density and reduction in barrel temperature, pressure and cooking (Kim & Aldrich, 2023). Due this, an adequate screw configuration, processing conditions and diet composition are essential to achieve a well-shaped, expanded, high digestible, and palatable kibble to dogs (Riaz, 2000; Kim & Aldrich, 2023).

Therefore, the hypothesis of the study is that the inclusion of cashew nut granules in the formulations will not alter the microbial fermentation products in the colon, nor digestibility, and will not affect the palatability of extruded diets, although the inclusion of cashew nuts will reduce the application of mechanical energy, pressure, extruder barrel temperature, reducing cooking and increasing kibble density. Thus, the objective of the present study was to evaluate the effect of cashew nuts at inclusion levels of 2.5%, 5%, and 10% in the diet of adult dogs on extrusion parameters,

application of energy, digestibility parameters, microbial fermentation products in the colon, oxidative action, and food palatability.

## **2. Material and Methods**

All animal-related procedures are based on the ethical principles adopted by the Brazilian Institute of Animal Experiments and were previously approved by the Committee on Ethics and Animal Welfare of the Brazilian Institute of Agricultural and Veterinary Sciences (no. 3401/20).

### **2.1 Ingredients and experimental diets**

The cashew nuts raw granules were purchased, stored, sampled and analysed for dry matter, ether extract, mineral matter, and crude protein prior to the start of the experiment. The fatty acid profile and aminogram were carried out in cashew nuts raw granules (Table 1). The poultry by product viscera meal were sampled and analysed for dry matter (93.9%), ether extract (16.8%), mineral matter (8.6%), and crude protein (62.4%) prior to the start of the experiment.

A control (CO) diet based on conventional poultry by product meal was used and compared with graded substitution levels of cashew nut raw granules inclusion. To this end, the control diet (FEDIAF, 2021) was formulated to adult dogs, and 3 levels of cashew nut inclusion were evaluated: 2.5%, 5% and 10% (Table 2). The ingredients were mixed and ground in a hammer mill system (Tigre Mixing and Grinding System, Tigre Mills Ltda, Sao Paulo, Brazil), with a 0.9 mm screen sieve size, and subsequently

extruded using a single screw extruder (Mex-250, Manzoni Industria Ltda, Campinas, Brazil) with a processing capacity of 250 kg/h. The extruder operated with one circular die of 6 mm in diameter resulting in a mean extruder open area of 28.26 mm<sup>2</sup>/ton/hr. The following screw profile was used: first section – single flight screw and no steam lock; second section – single flight screw and small steam lock; third section – double flight uncut screw and small steam lock; fourth section – double flight uncut screw and medium steam lock; fifth section – double flight cut cone screw.

Throughout the processing in a completely randomized design, after 30 minutes of stable production, the following parameters were recorded four times with fifteen minutes intervals and time was considered as experimental unit. The parameters collected were the ambient temperature (°C); temperature of the ground feed (°C); steam pressure; temperature of the process water (°C); speed of the conditioner paddles (Hz); water addition (L/h) and steam addition in the conditioner (Kg/h); speed of the feeding screw (Hz); temperature of the mass at the conditioner outlet (°C); temperature of the extruder jacket at four points (°C); temperature (°C) and internal pressure of the product before the extrusion die (bars); speed of the extruder screw (RPM); motor amperage of the extruder (A); speed of the cutting knives (Hz).

Food productivity was measured directly by collecting kibbles in a bucket at each observation point and at each observation time. Samples of the product were collected at the conditioner, extruder, and dryer. These samples were frozen at -20°C for subsequent analysis of moisture and starch gelatinization index. After extrusion, the kibbles were dried in a horizontal dryer with two passes, with forced air flow, at a temperature of 110°C for 25 min. The apparent density, corresponding to the weight

of the product in 1L of volume, was also determined in the product at the end of extruder and dryer.

## **2.2 Specific Mechanical energy, specific thermal energy and kibble macrostructure calculation procedure**

The calculation of specific mechanical energy (SME), specific thermal energy (STE), and total specific energy (TSE) was performed for each of the treatments. SME was calculated according to Riaz (2000), using the following equation:

$$EME (kW - h/ton) = (\sqrt{3} * Voltagem * (At - Av) * (cos\gamma / 1000)) \times 1000 M$$

Where: motor voltage = 220 V; At = motor amperage in operation (A); Av = motor amperage at idle (A); cos $\gamma$  = motor power factor (0.8); M = Extruder productivity (kg/h)

The STE (kW-h/ton) implemented in the conditioner and extruder was calculated through mass and energy balance using equations recommended by Riaz (2000). The total quantities of input and output of feed, water, and steam were determined, and their corresponding values of mass and specific heat were used to calculate the total heat production. The TSE was determined by the sum of SME and STE (Riaz, 2000).

To macrostructure calculation, for each treatment, the length, diameter, and mass of 20 randomly collected kibbles were measured and used to obtain the radial expansion rate (ER), specific length (Cesp), and specific density of the kibbles (Dk), as described below.

$$ER = d^2/dm^2$$

$$Cesp (mm/g) = c/m$$

$$Dk(g/cm^3) = 4 * m/(\pi * ((d/2)^2 * c)$$

Where: ER - radial expansion; d - diameter of the kibbles, in mm; dm - diameter of the extruder die opening, in mm; Cesp - specific length; c - length of the kibbles, in mm; m - mass of the kibbles, in grams; Dk - specific density of the kibbles.

The rupture force was tested using a texture analyzer (TA-XT2 SMS, Stable Micro Systems, Godalming, UK), operating in compression mode, with a pre-test speed of 2 mm/s, a test speed of 0.5 millimeters/s, and a post-test speed of 10 mm/s. A total of 20 units from each treatment were analyzed using the probe with the HDP/BSK blade set with the knife set at a cutting distance of 10 millimeters. The obtained data were analyzed using Texture Expert software (Stable Micro Systems, Godalming, GB). Prior to the test, the moisture content of the kibbles was standardized in an oven (Quimis, Diadema, Brazil) at 35°C for 24 hours.

### 2.3 Experimental design and Animals

In the digestibility trial the four diets were evaluated using 24 adult beagle dogs, being eight males and sixteen females at  $4.17 \pm 1.38$  years old, weighing  $11.56 \pm 0.42$  kg and with a body condition score of  $5.17 \pm 0.12$  (Laflamme, 1997). All animals were clinically healthy, dewormed, and vaccinated. The metabolizable energy of each diet was estimated from its chemical composition (Table 02).

Initially, the dogs received individually calculated amounts of feed based on their own energy requirements for body weight maintenance (FEDIAF, 2021). In adaptation period the dogs were housed in kennels measuring 1.5m x 3.5m, with an outdoor area

and *ad libitum* access to drinking water, food was provided once a day. During the faeces and urine collection the dogs were confined o individual stainless-steel cages measuring 90cm x 80cm x 90cm. These cages were equipped with devices for separate collection of faeces and urine for metabolic studies and the amount of food offered to dogs was calculated as  $128 \text{ kcal/BW}^{0.75}/\text{day}$  (FEDIAF, 2021). The dogs were fed one-time a day, at 9 am, and water was provided *ad libitum*. The offered food and leftovers were recorded daily to calculate intake.

The digestibility trial was conducted in randomized blocks, with two blocks, each with twelve dogs per block and three repetitions per treatment, totalling six repetitions per diet. From day one to the tenth was the adaptation period. From the eleventh to the fifteenth day, urine and faeces were quantitatively collected to evaluate total tract apparent digestibility. From the seventeenth to twelve days faeces were collected immediately after defecation to determine pH, fermentation products and biogenic amines. Faeces were quantitatively collected throughout the day, weighed, and stored in appropriate containers in a freezer (-15°C).

#### **2.4 Coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD), faeces characteristics and fermentation products and biogenic amine concentration.**

The CTTAD of nutrients and the metabolizable energy content of diets were determined by the method of total collection of faeces and urine according to FEDIAF (2021). After the collection period, the faeces were thawed at room temperature, homogenized to form a single sample per animal, and dried in a forced-air oven (320-SE, FANEM, São Paulo, Brazil) at 55°C for 72 hours.

The diets and faeces were grinded and analysed (AOAC 2010) for dry matter (DM) by oven-drying (method 934.01), ash by muffle furnace incineration (method 942.05), nitrogen content by the Kjeldahl method (954.01), crude fibre (991.43), and fat content following the acid hydrolysis approach (954.02). Starch was determined by the method of Hendrix (1993). Starch gelatinization of food was determined using the amyloglucosidase method (Sá et al., 2013). Gross energy (GE) was analysed by calorimetric bomb (IKA C2000 Basic, IKA-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Germany). All analyses were carried out in duplicate and repeated when the coefficient of variation between replicates was higher than 5%.

For the analysis of volatile fatty acids and ammonia, a 10g sample of faeces was homogenized in 30ml of 4.2N formic acid (1:3 w/v) and centrifuged at 5000rpm and 5°C for 15 minutes. The procedure was repeated four times, maintaining the supernatant. This was identified and stored in a freezer at -15°C for ammonia analysis.

The determination of short-chain fatty acids, a fifth centrifugation of the extract was performed for one hour at 14000rpm and 5°C, with the supernatant stored at -15°C for subsequent analysis. The values of short-chain fatty acids will be obtained through gas chromatography (Finningan, model 9001, Finningan Corporation, San Jose, USA) according to Erwin et al. (1961). Ammonia analysis will be conducted as the method described by Vieira (1980).

For the lactic acid analysis, a 3g sample of faeces was diluted in 9ml of distilled water (1:3 w/v), kept refrigerated for one day, and then centrifuged three times at 4500 rpm at 5°C for 15 minutes. The supernatant was collected, and the sediment was discarded. Lactic acid reading was performed according to Pryce (1969), using a spectrophotometer (QUICK – Lab, DRAKE, São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil).

The faecal pH value was determined by homogenizing 2g of faeces in 6ml of Milli-Q water (1:2 w/v) and analysing it using a precision pH meter (DM20, Digicrom Analítica Ltda, São Paulo, Brazil).

To determine the concentration of biogenic amines in faeces, 5g of fresh faeces were homogenized and mixed with 7ml of 5% trichloroacetic acid for 3 minutes using a vortex and subsequently centrifuged at 10,000 rpm at 4°C for 20 minutes. The supernatant was filtered through a qualitative filter paper, and the residue was extracted twice with 7ml and 6ml of 5% trichloroacetic acid. Then, the supernatants were filtered and combined. The final volume obtained was recorded and frozen. Biogenic amine concentrations will be determined in the supernatant by HPLC (HPLC model LC-10AD; Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

The faeces quality was subjectively assessed during the entire faecal collection, using a scoring system with ratings ranging from 0 to 5 (Carciofi et al., 2008), as follows: 0 – liquid faeces; 1 – pasty faeces without a defined shape; 2 – soft faeces, poorly formed, taking the shape of the container; 3 – soft, formed, and moist faeces that leave marks on the floor; 4 – well-formed and consistent faeces that do not leave marks on the floor; 5 – well-formed faeces, but hard and dry. Faeces with scores of 3 and 4 are considered normal.

## **2.5 Palatability test**

Comparisons of food preferences were carried out in Panellis Latin America (Descalvado, Sao Paulo, Brazil) with a panel of qualified dogs. Two preferences were tested: CO against 2,5% GCN and CO against 5%GCN. The first choice (the first product consumed) and the preferred product (the product consumed in the most amount) were

determined by two pan methods (Griffin, 2003). In the study, 78 adult dogs of different breeds were used individually. The dog was tested at two consecutive meals. Early in the morning, after a 12-hour fast, the animals received the first meal in two pans, each with one experimental food, and were allowed to eat for 30 minutes. The position of the bowls was changed during the evening meal. The amount of food offered in each bowl exceeded the animal's consumption capacity to ensure that there was still space to measure. After 30 min, the bowls were removed, the remains weighed, and the consumption calculated by taking the difference in quantity provided and remaining quantity. Due to body weight differences, the results were calculated as the relative consumption of each meal and the average consumption of the two meals were compared. The relative consumption (RC) were calculated as the following formula:

$$RC (\%) = (CFA \times 100) / (CFA + CFB).$$

Where: Consumption of food =CF

## 2.6 Calculations and statistical analysis

The results of the extrusion parameters were analysed in a complete randomized design with four replications per treatment using the sample time as an experimental unit. Rupture force and kibble macrostructure were analysed using 20 replication per treatment, in this case the kibble unit was the experimental unit. To the experiment *in vivo* data were analysed in a completely randomized block design. The experimental unit was one dog, with six repetitions per diet. Model sums of squares were separated on diet and block effects. The results of extrusion parameters and

experiment *in vivo* data were submitted to variance analysis and when differences were verified by the *F* test, means were compared using the polynomial contrasts according to the cashew nut inclusion levels. The non-parametric variables were evaluated using the Kruskal-Wallis test. Statistical significance set at  $P \leq 0.05$  was considered significant. All data complied with the presuppositions of the variance analysis. Analyses were performed using Proc MIXED in SAS statistical software (SAS Institute).

### 3. Results

The results of extrusion parameters are presented in Table 4. During the extrusions, preconditioner discharge mass temperature ( $P=0.06$ ), preconditioner moisture ( $P=0.05$ ) and product flow rate from extruder barrel ( $P=0.22$ ) remained similar among the treatments, showing that the production remained stable during all diets production. Regarding extrusion parameter, motor amperage ( $P<0.01$ ), mass pressure ( $P<0.01$ ) and mass temperature ( $P<0.01$ ) before the die reduced linearly. Kibble temperature after die reduced linearly ( $P<0.01$ ) and kibble density increased linearly ( $P<0.01$ ) with cashew nut raw granules inclusion.

Due the reduction of motor amperage, a linear reduction of specific mechanical energy (SME) was observed ( $P<0.01$ ), however a linear increase in specific thermal energy (STE;  $P<0.01$ ) was observed due the increase of specific heat of the feed, promoting a linear increase in total energy applied in extrusion processing ( $P<0.01$ ). As the STE increased and SME decreased a linear increase of STE/SME ratio was observed ( $P<0.01$ ). The linear increase in total energy applied resulted in a linear increase in starch gelatinization degree ( $P<0.01$ ).

No differences in moisture ( $P=0.72$ ), although the piece density increased linearly ( $P=<0.001$ ), and expansion rate decreased linearly ( $P=<0.001$ ). The specific length ( $P=<0.001$ ) showed linear contrast.

Chemical composition of the diets before coating with palatant enhancer and poultry fat and before started the experiment are in Table 03. Throughout the digestibility experiment, the dogs showed appropriate food intake, remained healthy, and exhibited no adverse reactions to the consumption of diets. The chemical composition of the diets after coating (Table 05) was similar, as planned. No significant difference was observed in the CTTAD between treatments ( $P>0.05$ ; Table 06). All diets presented elevated CTTADs of nutrients and energy, being higher than 85% to all nutrients and energy.

The results of production, characteristics and the products of microbial fermentation in the faeces are presented in Table 07. The inclusion of cashew nut in the diets and the control diet were similar to production, score or pH of faeces ( $P>0.05$ ). To product fermentation, acetic acid ( $P=0.01$ ), butyric acid ( $P=0.01$ ) and lactate ( $P<0.01$ ) increased quadratically with the inclusion of cashew nut mainly to 2.5% diet. Propionic acid, isobutirate, isovalerate, valerate and ammonia production remained were the same among treatments ( $P>0.05$ ). Biogenic amines did not demonstrate alterations in faeces of dogs fed the experimental diets ( $P>0.05$ ; Table 08).

Even with similarity between diets in the experimental trial *in vivo*, the diets including cashew nut raw granules improved intake ratio compared to control diet in the palatability test ( $P<0.05$ ; Table 09). The first choice of dogs was observed to 2.5 or 5% of cashew nut when compared to control diet with the ingredient poultry by product meal ( $P<0.05$ ).

#### 4. Discussion

Oilseeds as soybeans, peanut, nuts and cashew nuts have a high fat content and during the extrusion process, the cells are ruptured, increasing the release of fat that acts as lubricants, limiting expansion of kibble, reducing shear force and increasing internal heat, thus the use of sources rich in starch to help the process of extrusion (Reddy & Reddy, 2015). The results of this study proven, as the amount of inclusion of cashew nut granules increases, starch gelatinization being higher, helping with the stability of the final product. In the study carried out by Kim & Aldrich (2023) comparing three soy inclusions, 10%, 20% and 30%, the specific mechanical energy and the temperature of the preconditioner showed a decreasing behavior as the inclusion increased, as occurred in the present study. It has been reported that foods with levels greater than 5% of fat impair the flow in the extruder, as the fat causes reduced friction, thus reducing the motor load, affecting the expansion of the kibble and the cooking of mass (Park et al., 1993; Riaz, 2000). On the other hand, these disadvantages were not seen in the parameters of extrusion in this study. The characteristic of the kibble, piece density, specific length were suitable for consume of the species.

Mechanical energy is an important parameter to understand the relationship between all extrusion parameters (Cisneros & Kokini, 2002) and the lipids act as plasticizers, increasing mass mobility, decreasing viscosity, which causes a reduction in mechanical energy which can negatively affect the expansion of the product (Ilo et al., 2000). In most cases, the limitation of the application of mechanical energy following the increase in the inclusion of internal fat in the extruded mass results in a limitation of the starch gelatinization rate in feed (Lin et al., 1997; Ilo et al., 2000). However, this was not observed in the present study as starch gelatinization showed

a linear increase as the inclusion of cashew nut in the experimental diets increased, rising from 81.35% for the control diet until to 97.33% for the 10% CNG diet ( $P < 0.01$ ). This increase in cooking can be explained by the increase in the application of thermal energy, which increased linearly ( $P < 0.01$ ) and resulted in an increase in the application of total specific energy ( $P < 0.01$ ). The increase in thermal energy can, in turn, be attributed to the greater specific heat of the CNG and the greater condensation value in the pre-conditioner, as although the moisture content of the mass in the pre-conditioner did not differ statistically, it increased numerically.

The digestibility essay showed no difference in any parameter of experimental diets, showing that cashew nuts can be used in the three inclusions (2.5%, 5% and 10% CNG) compared to the control diet with poultry by product meal. Studies focused on the use of alternative ingredients in the pet food market, such as Bazolli, in which the ingredients are sources of starch, three sources, corn, rice and shorgum, present estatistics difference in digestibility. probably due to the type of starch chain, proportion of amylose and amylopectin. In the present study, there was no statistical difference in protein digestibility in the two ingredients compared, one with gradual inclusion.

Short-chain fatty acids are the result of colonic fermentation by the intestinal microbiota of dietary fiber and other undigested organic matter non-absorbed in the small intestine. These exert beneficial effects on the host's health, and their formation is promoted by the inclusion of fibers and prebiotics in the formulations (Besten et al, 2013). CNG appears to be predominantly digested and absorbed in the small intestine, the absence of consistent elevation of fermentation products in the feces of dogs fed diets with 5% and 10% NCG demonstrates good ileal digestibility, with no fermentable fraction in the colon. This is reinforced by the non-change in the concentrations of

biogenic amines in dog feces ( $P>0.05$ ), as can be seen in Table 08. Biogenic amines are nitrogenous organic compounds of low molecular weight, derived from the decarboxylation of amino acids by microorganisms. They carry out numerous metabolic and physiological routes, some of which are potentially toxic and can negatively compromise the animal's metabolism and performance (Falconi, 2017; Pinto, 2023). In the present study, no variation in the concentrations of biogenic amines in dog feces suggests that the consumption of CNG did not interfere with the digestion and absorption of protein in the small intestine, and that there was no difference in the fermentation of proteins in the large bowel of dogs.

In the palatability test, the formulations containing 2.5% and 5% CNG were preferred by the dogs, with a higher proportion of interest in the first choice and a higher intake rate than the control treatment ( $P<0.02$ ), as showed in Table 09. Several factors interfere in the acceptance and palatability of food, being food preference a complex and multifactorial characteristic (Pizzato & Domingues, 2008). When comparing the results of the present study, it can be considered that the diets were produced with the same batch of ingredients and had similar chemical compositions, factors that could interfere in the results obtained but were controlled in the manufacturing of diets. Especially the protein, fat and moisture contents have an important influence on palatability (Bautz, 2013), having been controlled in the experimental diets, standing out just the influence of the inclusion of cashew nut ingredient on the palatability of diets. The addition of fat by coating was a factor that varied between treatments, which was necessary for the rations to have similar levels of ether extract. However, even with the lowest addition of external fat, dogs showed a preference for foods with 2.5% and 5% CNG, which reinforces the intrinsic favorable organoleptic characteristics of

this ingredient, which acted positively in the selection of these foods. Even the differences in the macrostructure of the kibbles, as the diets with 2.5% and 5% CNG have less expansion and greater density in the control, did not interfere or reduce the acceptance of the diets, due to the preference for the addition of CNG.

## **5. Conclusions**

Cashew nut raw granules demonstrated to be an adequate source of energy in dog food, even the addition of 10% did not reduce the digestibility of nutrients, alter the formation of feces or induce an increase in the formation of fermentation products in the colon. Due to its high fat content, it limited the application of mechanical energy and the expansion of the kibbles, which had better apparent density. The ingredient proved to be palatable for dogs and even at low additions such as 2.5% it increases the palatability of extruded dog food. The best inclusion of the ingredient will depend on the characteristics of the formulations and the internal fat content of the dough, but inclusions of 2.5% to 5% GNC are suggested for commercial foods.

**Table 1.** Evaluated chemical composition of the cashew nut raw granule used on the study

<b>Item (%)</b>	<b>Cashew nut raw granules</b>
<i>Chemical composition (%)</i>	
Moisture	4.8
Crude protein	23.73
Acid-hydrolysed fat	41.1
Ash	7.7
Total dietary fiber	5.9
<i>Fatty acid profile (%)</i>	
Stearic acid (C18:0)	3.99
Elaidic acid (C18:1n9t)	0.09
Palmitic acid (C16:0)	3.71
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.15
Oleic acid (C18:1n9c)	27.98
Alpha linolenic acid (C18:3n3)	0.08
Linoleic acid (C18:2n6c)	8.89
Lignoceric acid (C24:0)	0.09
Arachidic acid (C20:0)	0.28
Cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.1
Behenic acid (C22:0)	0.06
Monounsaturated Fat	28.31
Polyunsaturated Fat	8.98
Unsaturated Fats	37.29
Saturated fat	8.87
Trans fats	0.09
<i>Indispensable amino acids (%)</i>	
Arginine	2.4
Histidine	0.45
Isoleucine	0.85
Leucine	1.64
Lysine	1.07
Methionine	0.38
Methionine + Cystine	1.18
Phenylalanine	0.88
Phenylalanine + Tyrosine	1.56
Threonine	0.81
Valine	1.12
Tryptophan	0.43
<i>Dispensable amino acids (%)</i>	
Alanine	0.86
Aspartic acid	1.99

Glutamic acid	4.74
Glycine	0.97
Proline	0.85
Serine	1.23
Total amino acids	21.83

---

**Table 2.** Ingredient composition of the experimental diets for dogs with different inclusions of cashew nut raw granules.

Ingredients (%)	Diets <sup>1</sup>			
	CO	2.5% CNG	5% CNG	10% CNG
Corn, grain	52.65	51.96	51.27	49.84
Poultry by product meal <sup>2</sup>	31.07	30.15	29.23	27.4
Poultry fat	8.43	7.54	6.65	4.87
Cashew nuts <sup>3</sup>	0.0	2.5	5.0	10.0
Sugarcane fibre	4.0	4.0	4.0	4.0
Palatant enhancer <sup>4</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0
Minera-Vitamin Premix <sup>5</sup>	0.6	0.6	0.6	0.6
Common salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Choline chloride	0.32	0.32	0.32	0.36
Potassium chloride	0.28	0.28	0.28	0.28
Mold inhibitor <sup>6</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1
Antioxidant <sup>7</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05

<sup>1</sup> CO, control diet with poultry by product meal; 2.5Cashew nut raw granules; 5% Cashew nut raw granules; 10% Cashew nut raw granules inclusion.

<sup>2</sup> Brasil Foods S.A. Concórdia, SC, Brazil.

<sup>3</sup>Cashew nut granule. Usibras Usina Brasileira de óleos e castanhas Ltda. Rod CE 040, Vila do Machuca, km 16, Aquiraz - CE, 61700-000.

<sup>4</sup> PALASURANCE® 50 cat dry. Kemin Nutrisurance Nutrição Animal LTDA. Vargeão, SC, Brazil.

<sup>5</sup> DSM Produtos Nutricionais Brasil S.A., Jaguaré, Brazil. Added per kg of food: Vitamin A , 18750 IU; Vitamin D3 , 1500 IU; Vitamin E , 125 IU; Vitamin K3 , 1,5 mg; Vitamin B1 , 5 mg; Vitamin B2 , 16.25 mg; Pantothenic Acid , 37.5 mg; Vitamin B6 , 7.5 mg; Vitamin B12 , 45 mcg; Vitamin C , 0125 g; Nicotinic Acid (niacin, crystalline powder), 0.0625; Folic Acid , 0.75 mg; Biotin , 0.315 mg; 0.625 g; Iron , 0.1 g; Copper , 9.25 mg; Manganese , 6.25 mg; Zinc , 0.15 g; Iodine , 1.875 mg; Selenium , 0.135 mg.

<sup>6</sup> Mold Zap Citrus: Ammonium dipropionate, acetic acid, sorbic acid and benzoic acid. Alltech do Brasil Agroindustrial LTDA. Guarulhos, SP, Brazil.

<sup>7</sup> RENDOX® AT 20: Vegetable oil, butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. Kemin Nutrisurance Nutrição Animal LTDA. Vargeão, SC, Brazil.

**Table 3.** Chemical composition of the experimental diets before coating with palatant enhancer and poultry fat (as they were extruded). Values in dry matter.

Item (%)	Experimental Diets			
	CO	2.5% CNG	5% CNG	10% CNG
Moisture	7.52	7.49	7.24	7.16
Starch	26.09	25.2	28.03	25.2
Crude Fiber	3.32	3.50	3.48	3.43
Acid-hydrolysed fat	9.45	9.62	11.02	12.62
Crude protein	29.94	30.78	31.27	30.74
Ash	8.02	7.55	7.36	6.97

<sup>1</sup> CO, control diet with poultry by product meal; 2.5% Cashew nut raw granules; 5% Cashew nut raw granules; 10% Cashew nut raw granules inclusion.

**Table 4** – Processing traits and kibble macrostructure for a dog food formulation extruded with crescent inclusion of cashew nuts.

Item	Experimental diets <sup>1</sup>						Contrast <sup>3</sup>	
	CO	2,5% CNG	5% CNG	10% CNG	SEM <sup>2</sup>	P-value	Linear	Quadratic
<i>Preconditioner</i>								
Moisture (%)	25.8	26.6	26.8	27.4	1.13	0.058	-	-
Temperature, °C	91.5	93.5	92.7	93	2.24	0.063	-	-
<i>Extruder</i>								
Motor amperage, A	41.24	38.43	36.78	34.6	0.66	<0.001	<0.001	0.065
Mass pressure before the die, Bar	27.15	22.69	16.88	14.97	1.25	<0.001	<0.001	<0.001
Mass temperature before the die, °C	137.7	136.5	133.8	129.2	0.96	0.004	<0.001	0.623
Kibble temperature after the die, °C	92.0	87.75	85.75	80.00	4.61	<0.001	<0.001	0.465
Product flow rate, kg/h	201.2	200.9	201.4	200.5	0.17	0.225	-	-
kibble density, g/L	390.7	403	412.5	437	4.5	<0.001	<0.001	0.775
<i>Dryer</i>								
Moisture (%)	3.94	3.76	4.04	4.03	0.48	0.722	-	-
Expansion rate	2.87	2.71	2.63	2.38	0.04	<0.001	<0.001	0.9003
Piece density, kg/cm <sup>3</sup>	0.42	0.47	0.53	0.65	0.02	<0.001	<0.001	0.1041
Specific length, mm/g	2.89	2.75	2.52	2.28	0.05	<0.001	<0.001	0.4095
Starch gelatinization degree, %	81.35	85.02	94.43	97.33	6.82	<0.001	<0.001	0.668
<i>Energy balance, Kw-t/h</i>								

Specific thermal energy	66.38	75.26	79.15	84.5	6.61	<0.001	<0.001	0.198
Specific mechanical energy	14.78	10.55	8.00	4.72	3.29	<0.001	<0.001	0.658
Specific total energy	81.16	85.81	87.15	89.22	4.52	0.004	0.001	0.836
STE/SME ratio	4.53	7.17	10.34	17.25	4.77	<0.001	<0.001	0.272

CO, control diet with poultry by product meal; 2.5% Cashew nut raw granules; 5% Cashew nut raw granules; 10% Cashew nut raw granules inclusion.

<sup>2</sup> Standard error of the mean (n = 6 dogs per diet).

<sup>3</sup> Linear or quadratic effects of cashew nut inclusion.

<sup>4</sup> Specific length, mm/g – constrat Cubic <0.001

**Table 5.** Chemical composition of the experimental diets after coating with palatant enhancer and poultry fat (as they were fed to dogs).

Chemical	Experimental Diets <sup>1</sup>			
	CO	2.5% CNG	5% CNG	10% CNG
Dry matter (%)	95.8	95.9	95.6	95.7
Ash (%)	7.8	7.3	7.1	7.1
Organic matter (%)	92.2	92.7	92.9	92.9
Crude protein (%)	30.0	28.8	29.8	28.8
Starch (%)	26.9	26.46	26.89	26.2
Acid-hydrolysed fat (%)	14.4	15.4	15.1	15.8
Crude fibre (%)	3.2	3.3	3.5	2.7
Calcium (%)	1.6	1.5	1.4	1.4
Phosphorus (%)	1.1	1.1	1.0	1.0
Gross Energy (Kcal/kg)	4809.8	4923.1	4925.7	4917.7
Metabolizable Energy (Kcal/g)	3892.6	3946.6	3930.1	3957.4

<sup>1</sup> CO, control diet with poultry by product meal; 2.5% Cashew nut raw granules; 5% Cashew nut raw granules; 10% Cashew nut raw granules inclusion.

**Table 6.** Nutrient intake and coefficient of total tract apparent digestibility of nutrients and energy of experimental diets to dogs with different inclusions of cashew nut granules.

Item	Experimental diets <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value
	CO	2.5% CNG	5% CNG	10% CNG		
<b>Intake (g/BW<sup>0.75</sup>/day)</b>						
Dry matter	31.67	30.15	32.70	32.47	0.30	0.01
Crude protein	9.48	8.67	9.73	9.34	0.10	0.01
Acid-hydrolysed fat	4.55	4.63	4.94	4.72	0.04	0.08
Starch	8.52	8.87	8.87	8.82	0.07	0.29
<b>Coefficient of total tract apparent digestibility (%)</b>						
Dry matter	80.8	81.7	81.0	80.4	0.34	0.63
Organic matter	84.6	85.4	85.7	85.0	0.27	0.51
Crude protein	87.7	87.5	88.4	88.1	0.19	0.58
Acid-hydrolysed fat	91.2	92.2	91.7	91.0	0.21	0.15
Starch	99.8	99.8	99.8	99.8	0.01	0.41
Gross energy	85.6	86.4	86.7	85.8	0.26	0.43

<sup>1</sup> CO, control diet with poultry by product meal; 2.5% Cashew nut raw granules; 5% Cashew nut raw granules; 10% Cashew nut raw granules inclusion.

<sup>2</sup> Standard error of the mean (n = 6 dogs per diet).

**Table 3.** Production, characteristics, and concentration of products of microbial fermentation in the feces of dogs fed with experimental diets containing increasing levels of cashew nut raw granules.

Item	Experimental diets <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value	Contrast <sup>3</sup>	
	CO	2.5% CNG	5% CNG	10% CNG			Linear	Quadratic
<b>Faeces</b>								
<i>g/BW<sup>0.75</sup>/day</i> , as-is basis	14.04	12.78	13.47	14.72	5.95	0.25	-	-
<i>g/BW<sup>0.75</sup>/day</i> , dry matter basis	6.09	5.54	5.93	6.08	3.11	0.38	-	-
Dry matter (%)	37.6	35.06	35.64	38.27	0.64	0.22	-	-
Score <sup>4</sup>	3.80	3.61	3.73	3.91	0.07	0.37	-	-
pH	6.52	6.59	6.56	6.49	0.02	0.48	-	-
<b>Fermentation products (mMol/g of faecal in dry matter-DM)</b>								
Acetic acid	167.0	201.3	189.7	172.7	4.7	0.03	0.781	0.012
Propionic acid	54.6	56.6	51.5	54.1	3.1	0.95	-	-
Butyric acid	30.9	39.5	33.6	33.4	1.1	0.02	0.963	0.014
Total SCFA <sup>5</sup>	255.6	297.3	274.6	260.1	6.8	0.10	-	-
Isobutyric acid	15.6	17.4	18.3	16.7	0.4	0.17	-	-
Isovaleric acid	15.6	16.6	17.1	15.9	0.3	0.18	-	-
Valeric acid	13.6	12.6	14.4	13.7	0.6	0.42	-	-
Total BCFA <sup>6</sup>	44.8	48.5	49.8	46.3	0.9	0.17	-	-
Total volatile fatty acids	297.4	345.8	324.4	306.4	7.2	0.06	-	-
Ammonia (mMol/kg of faecal DM)	193.3	200.2	187.2	171.6	7.7	0.586	-	-
Lactate (mMol/kg of faecal DM)	6.1	14.9	10.7	5.9	1.1	0.007	0.062	0.004

<sup>1</sup> CO, control diet with poultry by product meal; 2.5% Cashew nut raw granules; 5% Cashew nut raw granules; 10% Cashew nut raw granules inclusion.

<sup>2</sup> Standard error of the mean (n = 6 dogs per diet).

<sup>3</sup> Linear or quadratic effects of cashew nut inclusion.

<sup>4</sup> According to the following system: 0= watery liquid that can be poured; 1= soft, unformed; 2 = soft, malformed stool that assumes the shape of its container; 3 = soft, formed, and moist stool that retains its shape; 4 = well-formed and consistent stool that does not adhere to the floor; and 5 = hard, dry pellets, which are small and hard masses.

<sup>5</sup> SCFA, short-chain fatty acids.

**Table 8.** Biogenic amines in faeces of dogs fed the experimental diets with increasing levels of cashew nut raw granules. Values in mg/g of DM

Item	Experimental diets <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	<i>P</i> -value
	CO	2.5% CNG	5% CNG	10% CNG		
Putrescine	37.13	39.34	40.26	28.06	3.53	0.7995
Tyramine	5.34	11.28	6.91	6.99	2.39	0.8597
Spermidine	27.22	27.96	25.7	19.29	1.68	0.2749
Phenylethylamine	1.78	3.89	4.9	3.95	0.47	0.1231
Spermine	31.94	35.75	32.3	34.52	2.43	0.9168
Tryptamine	4.55	3.89	4.92	3.95	0.27	0.9008

<sup>1</sup> CO, control diet with poultry by product meal; 2.5% Cashew nut raw granules; 5% Cashew nut raw granules; 10% Cashew nut raw granules inclusion.

<sup>2</sup> Standard error of the mean (n = 6 dogs per diet).

**Tabela 9.** Intake ratio and first choice of dogs in comparisons of palatability of experimental diets with or without the inclusion of cashew nut raw granules.

<b>Comparision <sup>1</sup></b>	<b>Intake Ratio (%)</b>			<b>First choice (%)</b>		
	<b>CO</b>	<b>2.5% CNG</b>	<b><i>P-value</i></b>	<b>CO</b>	<b>5% CNG</b>	<b><i>P-value</i></b>
CO X 2.5% CNG	37	63	0.004	47	67	0.004
CO X 5% CNG	40	60	0.017	33	60	0.020

<sup>1</sup> CO, control diet with poultry by product meal; 2.5% Cashew nut raw granules (CNG); 5% Cashew nut raw granules (CNG).

## 6. References

Akande TO, Akinwumi AO, Abegunde TO. Cashew reject meal in diets of laying chickens: nutritional and economic suitability. *Journal of Animal Science and Technology*, 2015, (57): 17.

Brainer, Maria Simone de Castro Pereira. Cajucultura. **Caderno Setorial Etene**, Ceará, v. 230, n. 7, p. 1-19, jun. 2022.

Bazolli, Ricardo Sousa; Vasconcellos, Ricardo Souza; Oliveira, Luciana Domingues de; SÁ, Fabiano Cesar; PEREIRA, Gener Tadeu; CARCIOFI, Aulus Cavalieri. Effect of the particle size of maize, rice, and sorghum in extruded diets for dogs on starch gelatinization, digestibility, and the fecal concentration of fermentation products. **Journal Of Animal Science**. Jaboticabal, p. 2956-2966. jun. 2015.

Bautz, Kely Christ. **Avaliação de metodologia para realização de teste de palatabilidade em cães**. 2013. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Animal, Universidade Vila Velha, Vila Velha, 2013.

Besten, Gijs Den; Van Eunen, Karen; Groen, Albert K.; Venema, Koen; Reijngoud, Dirk-Jan; Bakker, Barbara M. The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. **Journal Of Lipid Research**. Groningen, p. 2325-2340. set. 2013.

Carciofi, A.C.; Takakura, F. S.; Oliveira, L.D.; Teshima, E.; Jeremias, J.T.; Brunetto, M.A.; Prada, F. 2008: Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and postprandial glucose and insulin response. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **92**, 326-336.

Cisneros, F. H.; Kokini, J. L. A generalized theory linking barrel fill length and air bubble entrapment during extrusion of starch. **Journal Of Food Engineering**. New Brunswick, p. 139-149. dez. 2000.

Dantas Filho, L. A., Lopes, J. B., Vasconcelos, V. R., oliveira, M. E. de., Alves, A. A., Araújo, D. L. da C., & Conceição, W. L. F... Inclusão de polpa de caju desidratada na alimentação de ovinos: desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Teresina, v. 36, n. 1, p. 147-154, fev. 2007. [www.sbz.org.br](http://www.sbz.org.br).

Deng, P.; Swanson, K. S. Companion Animals Symposium: Future aspects and perceptions of companion animal nutrition and sustainability. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 3, p. 823-834, 2015.

Detweiler, Katelyn B; HE, Fei; MANGIAN, Heather F; MANGIAN, Heather F; MANGIAN, Heather F. Effects of high inclusion of soybean hulls on apparent total tract macronutrient digestibility, fecal quality, and fecal fermentative end-product concentrations in extruded diets of adult dogs. **Journal Of Animal Science**. Urbana, p. 1027-1035. mar. 2019.

Erwin, E.S.; Marco, G.J.; Emery, E.M., 1961: Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, n, 1768-1771.

Fagbemi, T. N., Oshodi, A. A., & Ipinmoroti, K. O. (2005). Processing effects on some antinutritional factors and in vitro multienzyme protein digestibility (IVPD) of three tropical seeds: breadnut (*Artocarpus altilis*), cashewnut (*Anacardium occidentale*) and fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). *Pakistan Journal of Nutrition*, 4(4), 250-256.

Fanim, A. O., Odugwa, O. O., Adewunmi, T. E., & Lawal, A. I. (2004). Utilization of diets containing cashew-nut reject meal by weaner pigs. *Nigerian Journal of Animal Production*, 31(1), 22-26.

Falconi. **Avaliação de coprodutos da alimentação humana como fonte alternativa de fibra para cães: parâmetros digestivos e metabólicos**. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Mestre em Ciências, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015

FEDIAF. Nutritional Guidelines for Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs. The European Pet Food Industry Federation, Bruxe. 2021.

Fernandes, Danilo Rodrigues; Freitas, Ednardo Rodrigues; Watanabe, Pedro Henrique; Filgueira, Thales Marcel Bezerra; CRUZ, Carlos Eduardo Braga; Nascimento, Germano Augusto Jerônimo do; AGUIAR, Geovana Costa; Nascimento, Etho Robério Medeiros. Cashew nut meal in the feeding of meat quails. **Tropical Animal Health And Production**. Adsas, p. 711-717. jun. 2016.

Figueirêdo Junior, Hugo Santana de. Desafios Para a Cajucultura no Brasil: O Comportamento da Oferta e da Demanda da Castanha de Caju. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 4, p. 550-571, out. 2006.

Freitas, E. R., Fuentes, M. D. F. F., Santos Júnior, A. D., Guerreiro, M. E. F., & Espíndola, G. B. (2006). Farelo de castanha de caju em rações para frangos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 1001-1006.

Freitas, Ednardo Rodrigues; Lima, Raffaella Castro; Silva, Roberto Batista da; Sucupira, Francislene Silveira; MOREIRA, Rafael Ferreira; LOPES, Irani Ribeiro Vieira. Substituição do farelo de soja pelo farelo de coco em rações contendo farelo da castanha de caju para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Fortaleza, v. 40, n. 5, p. 1006-1013, maio 2011.

Gomes, T. R., Freitas, E. R., Watanabe, P. H., Sousa, A. D. R., Ferreira, A. C. S., & Tavares, L. M. D. S. (2020). Farelo de castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) na alimentação de coelhos em crescimento. *Ciência Animal Brasileira*, 21.

GRIFFIN, R. W. Palatability testing: Parameters and analyses that influence test conclusions. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. Petfood technology. Illinois Mt Morris, p.187-193, 2003.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Science*, Madison, v.25, p.1306-1311, 1993.

Ilo, S.; Schoenlechner, Regine; Berghofe, E.. Role of lipids in the extrusion cooking processes. **Grasas y Aceite**, Vienna, v. 51, n. 1, p. 97-110, jul. 2000.

Jamshidi, Sanaz; Moradi, Yousef; Nameni, Ghazaleh; MOHSENPOUR, Mohammad Ali; VAFA, Mohammadreza. Effects of cashew nut consumption on body composition and glycemic indices: A meta-analysis and systematic review of randomized controlled trials. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**. p. 605-613. fev. 2021.

Kim, H. S., & Aldrich, C. G. (2022). Extrusion and product parameters for extruded dog diets with graded levels of whole soybeans. *Animal Feed Science and Technology*, 295, 115504.

Laflamme, D.P., 1997. Development and Validation of a Body Condition Score System for Dogs. *Canine Practice* **22**, 10-15.

Lin, S.; Hsieh, F.; Huff, H.e.. Effects of Lipids and Processing Conditions on Degree of Starch Gelatinization of Extruded Dry Pet Food. **Lwt - Food Science And Technology**, Missouri, v. 30, n. 7, p. 754-761, nov. 1997.

Melo, M. L. P., Maia, G. A., Silva, A. P. V., Oliveira, G. S. F., & Figueiredo, R. W. (1998). Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. *Food Science and Technology*, 18, 184-187.

Morais, S. M., Silva, K. A., Araujo, H., Vieira, I. G., Alves, D. R., Fontenelle, R. O., & Silva, A. M. (2017). Anacardic acid constituents from cashew nut shell liquid: NMR characterization and the effect of unsaturation on its biological activities. *Pharmaceuticals*, 10(1), 31.

Nikmaram, N., Leong, S. Y., Koubaa, M., Zhu, Z., Barba, F. J., Greiner, R., ... & Roohinejad, S. (2017). Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. *Food control*, 79, 62-73.

PAIVA, Francisco Fábio de Assis *et al.* Processamento de Castanha de Caju. Brasília: Embrapa, 2006. 58 p.

PARK, J.; RHEE, K. S.; KIM, B.K; RHEE, K. C.. Single-Screw Extrusion of Defatted Soy Flour, Corn Starch and Raw Beef Blends. **Journal Of Food Science**. Texas, p. 9-20. jan. 1993.

Pinto, Caroline Fredrich Dourado. **avaliação da proteína hidrolisada na dieta de cães: potencial hipoalergênico, efeito sobre digestão e fermentação intestinal, qualidade fecal, microbiota intestinal e formação de aminas biogênicas**. 2023. 91 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutor em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

Pizzato, Diogo Almeida; Domingues, José Luiz. Palatabilidade de alimentos para cães. **Revista Eletrônica Nutritime**, Descalvado, v. 5, n. 2, p. 504-511, abr. 2008.

PRYCE, J. D. A modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *Analist*, Los Angeles, v. 94, n. 1125, p. 1121-1151, 1969.

Reddy, Gowri Naidu; Reddy, Yerradoddi Ramana. Extrusion technology. **Animal Feed Technology**, das, v. 1, p. 311-326, nov. 2015.

Riaz, M. N. (Ed.). (2000). *Extruders in food applications*. CRC press.

Ritter, M. M. C., & Savage, G. P. (2007). Soluble and insoluble oxalate content of nuts. **Journal of Food Composition and Analysis**, 20(3-4), 169-174.

Sá; F.C.; Vasconcellos; R.S.; Brunetto; M.A.; Roberti Filho; F.O.; Gomes, M.O.S.; Carciofi, A.C., 2013: Enzyme use in kibble diets formulated with wheat bran for dogs: effects on processing and digestibility. ***Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*** 97, 51-59.

Vieira, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes.** 98 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1980.