

Avaliação das características físico-químicas e tecnológicas da ração extrusada para roedores acrescida de glúten



<https://doi.org/10.56238/sevned2023.006-122>

Gabriel Sarache

Fabio Luiz Vieira Frez

Anne Caroline Santa Rosa

Bianca Pazinato

Gabriela Barone Volve da Silva

Ana Luiza Russo Duarte

Leandro Dalcin Castilha

Ghiovani Zanzotti Raniero

Maria Raquel Marçal Natali

Antonio Roberto Giriboni Monteiro

RESUMO

Animais como roedores são utilizados como ferramenta de estudos experimentais em diversas áreas de pesquisa. Assim, com o intuito de

possibilitar futuros testes *in vivo* do impacto do glúten na saúde de roedores, o seguinte trabalho conta com o objetivo de produzir e caracterizar tecnologicamente a ração para roedores com a adição de glúten. Para a produção das amostras utilizou-se uma extrusora monorosca. Quatro formulações foram testadas, aumentando a quantidade de trigo adicionado em cada mistura. As propriedades físico-químicas e tecnológicas das rações foram determinadas, incluindo uma análise centesimal, índice de expansão, índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA). Os resultados revelaram que a adição de trigo aumentou os teores de proteína bruta, parâmetro esse que teve grande influência no índice de expansão e no ISA. No caso do índice de expansão, o crescente teor de proteínas possivelmente foi a causa do aumento desse parâmetro, para o ISA a presença de proteínas teve o mesmo efeito, pela desnaturação desses biopolímeros. Em geral, os resultados são positivos em relação a composição nutricional, contudo são necessários mais estudos para compreender as consequências da adição de glúten em rações.

Palavras-chave: Físico-químico, Roedores, Glúten.

1 INTRODUÇÃO

Animais como roedores são utilizados como ferramenta de estudos experimentais em diversas áreas de pesquisa, com a finalidade de contribuir com o avanço da ciência e tecnologia. A nutrição adequada dos roedores é fundamental para sua saúde e bem-estar, além de influenciar diretamente fatores como crescimento, reprodução e função imunológica ideais. A composição da dieta desempenha um papel importante no atendimento das necessidades nutricionais dos ratos, impactando desde a zootecnia até os laboratórios de pesquisa, como animais de laboratório. Além disso, a semelhança entre o sistema gastrointestinal de roedores e humanos o torna viável para pesquisas *in vivo* (REEVES et al., 1993; MOURA, 2014; TILOCCA, 2017).



Comercialmente, as rações produzidas para roedores possuem uma formulação única, porém o tipo de matéria prima e sua composição podem variar de acordo com o mercado ou ajustes operacionais. Para a alimentação desses animais de laboratório, a ração extrusada é uma das mais utilizadas neste nicho (MOURA, 2014).

A extrusão é um método que tem sido empregado desde os anos de 1930, e aplicado comercialmente na década seguinte. No início, o resultado desse processo geralmente era salgadinho extrusado a partir do fubá de milho (ROCKEY, PLATTNER & SOUZA, 2010).

O processo de extrusão é baseado na união de diversas operações unitárias em um mesmo equipamento, que consiste em modificar os parâmetros físico-químicos da matéria-prima a partir da combinação de uma série de variáveis, como mistura, tempo de cozimento, secagem, moldagem, entre outros. Este processo é baseado na transformação de uma matéria sólida em um fluido a partir da aplicação de calor e trabalho mecânico, seguido pela moldagem através de um orifício de saída (LOPES-DA-SILVA, SANTOS & CHOUPINA, 2015; ROCKEY, PLATTNER & SOUZA, 2010),

A escolha dos ingredientes exerce uma influência significativa na textura, uniformidade e qualidade do produto acabado. A utilização de produtos amiláceos promove a gelatinização do amido o que proporciona o aumento da viscosidade, enquanto ingredientes ricos em proteínas interferem a elasticidade do produto (ROCKEY, PLATTNER & SOUZA, 2010)

O glúten é um componente protéico proveniente de cereais como trigo, cevada e centeio, é composto por várias proteínas sendo a gliadina e glutenina as principais constituintes. Essas proteínas são de difícil digestão pelas enzimas do intestino e do pâncreas o que para alguns indivíduos pode ser uma patologia devido a hipersensibilidade ou a causa de reações alérgicas ao glúten (BIESIEKIERSKI, 2017; NOBRE, SILVA & CABRAL, 2007).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo a elaboração e caracterização tecnológica de uma ração para roedores de laboratório com a adição de glúten para posteriores estudos *in vivo*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a formulação da ração foram usadas as seguintes matérias primas: grits de milho (Nutrimilho, Maringá, PR), farelo de soja tostado (Cocamar, Maringá, PR), farelo de arroz (Arrozmil, Maringá, PR), farinha de trigo biscoito escuro (Cocamar, Marialva, PR), óleo de soja (Cocamar, Maringá, PR), cloreto de sódio (Cisne, São Paulo, SP), fosfato bicálcico (Labsynth, Diadema, SP), carbonato de cálcio (Labsynth, Diadema, SP), premix vitamínico e mineral para roedores PX1577 (Nucleopar, Mandaguari, PR). As proporções utilizadas estão apresentadas na Tabela 1.



Tabela 1 - Composição das rações produzidas.

Ingrediente	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
Grits de milho	61,4	61,4	33,4	0,00
Farelo de soja	14,1	14,1	14,1	14,1
Farinha de trigo	0,00	14,0	42,0	70,0
Farelo de arroz	14,0	0,00	0,00	0,00
Óleo de soja	4,00	4,00	4,00	4,00
Cloreto de sódio	0,68	0,68	0,68	0,68
Fosfato bicálcico	1,14	1,14	1,14	1,14
Carbonato de cálcio	2,50	2,50	2,50	2,50
Premix vitamínico	1,00	1,00	1,00	1,00
Premix mineral	1,18	1,18	1,18	1,18

As matérias primas foram pesadas em balança analítica M214Ai (Bel Equipamentos, Piracicaba, SP) ou balança digital DST-30/C-DM (Triunfo, São Paulo, SP) e então homogeneizadas. A mistura foi adicionada de 20% (m/v) de água em relação a massa final de produto a ser extrusada e novamente homogeneizada. Para garantir a fluidez na alimentação, as misturas foram peneiradas para a desagregação de grumos formados na etapa anterior.

A extrusão foi feita de acordo com Monteiro et al. (2016), utilizou-se uma extrusora IMBRA RX50 de rosca única (INBRAMAQ, Ribeirão Preto, SP) com 50 mm de diâmetro e comprimento de 200 mm. A matriz usada tinha um furo de 6 mm de diâmetro, além disso a amperagem do motor foi mantida em 20A, a taxa de alimentação de 12 g/s e a velocidade da rosca de 90 rpm.

As análises físico-químicas (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta) foram realizadas pelo Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) da Universidade Estadual de Maringá segundo análise aproximativa dos alimentos por meio do Sistema de Weende (composição centesimal) (Andriguetto, 1981). A umidade foi obtida de acordo com a equação 1 e o extrato não nitrogenado pela equação 2.

$$U (\%) = 100 - MS \quad (1)$$



$$ENN (\%) = MS - MM - PB - EE - FB \quad (2)$$

Onde:

- U - umidade (%);
- MS - matéria seca (%);
- ENN - extrato não nitrogenado (%);
- MM - matéria mineral (%);
- PB - proteína bruta (%);
- EE - extrato etéreo (%);
- FB - fibra bruta (%).

O índice de expansão foi determinado pela razão entre a média do diâmetro das amostras e o diâmetro da matriz da extrusora segundo Mercier, Linko e Harper (1998), conforme a equação 3. As medições foram feitas com paquímetro analógico (Jomarca, Guarulhos, SP) com 20 kibbles de cada formulação.

$$IE = \frac{D_E}{D_M} \quad (3)$$

Onde:

- D_E - diâmetro do extrusado (cm);
- D_M - diâmetro da matriz (cm).

Para o índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA), 2,5 g de amostra moída (passante no mesh 60) foram suspensas em 30 ml de água em temperatura ambiente num tubo falcon que foi agitado em intervalos de 10 minutos por um período total de 30 minutos, então a suspensão foi centrifugada por 15 minutos a 3400 rpm em centrífuga Q222T2 (Quimis, Diadema, SP). O sobrenadante foi vertido em pratos de evaporação para secar em estufa de convecção forçada a 110°C por 2 horas. O precipitado do tubo foi pesado para o cálculo do IAA e o sobrenadante seco para o cálculo do ISA, segundo as equações 4 e 5, respectivamente (ANDERSON, CONWAY & PEPLINSKI, 1970). As análises foram feitas em triplicata para cada formulação.

$$IAA (g_{gel} / g_{amostra}) = \frac{P}{A \times \frac{(100 - U)}{100}} \quad (4)$$



Onde:

P - massa do precipitado (g);

A - massa da amostra (g);

U - umidade da amostra (%).

$$ISA (\%) = \frac{S}{A} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

S - massa do sobrenadante seco (g);

A - massa da amostra (g).

A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada empregando-se a análise de variância (ANOVA), teste de Tukey para comparação de médias ao nível de 5% de significância e análise de correlação, através do software Sisvar 5.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 - Resultados da caracterização físico-química dos produtos extrusados.

Parâmetro	T0	T1	T2	T3
Umidade (%)	3,97±0,35 ^a	4,27±0,07 ^a	4,52±0,37 ^a	5,74±0,10 ^b
Matéria Mineral (%)	6,09±0,11 ^c	4,41±0,25 ^a	4,52±0,36 ^a	5,41±0,10 ^b
Proteína Bruta (%)	14,16±0,14 ^a	14,79±0,07 ^b	16,63±0,26 ^c	18,81±0,09 ^d
Extrato Etéreo (%)	3,61±0,18 ^a	3,67±0,62 ^a	4,40±0,39 ^a	4,48±0,43 ^s
Fibra Bruta (%)	2,66±0,08 ^a	2,63±0,13 ^a	2,92±0,17 ^a	2,70±0,22 ^a
Extrato Não Nitrogenado (%)	69,51±0,08 ^c	70,23±0,54 ^c	67,01±0,58 ^b	62,85±0,58 ^a

Média ± Desvio Padrão. Resultados com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).



Tabela 3 - Resultados da caracterização tecnológica dos produtos extrusados.

Parâmetro	T0	T1	T2	T3
Índice de Expansão	1,99±0,07 ^a	2,11±0,10 ^b	2,45±0,16 ^c	2,61±0,13 ^d
IAA (g _{gel} /g _{amostra})	3,63±0,07 ^b	3,19±0,08 ^a	3,43±0,07 ^{ab}	3,59±0,17 ^b
ISA (%)	8,98±0,25 ^a	9,77±0,19 ^b	10,08±0,20 ^{bc}	10,53±0,09 ^c

Média ± Desvio Padrão. Resultados com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabela 4 - Resultados da análise de correlação entre os parâmetros estudados.

	[Trigo]	U	MM	PB	EE	FB	ENN	IE	IAA	ISA
[Trigo]	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U	0,95	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
MM	-0,18	0,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-
PB	1,00	0,97	-0,10	1,00	-	-	-	-	-	-
EE	0,94	0,80	-0,22	0,93	1,00	-	-	-	-	-
FB	0,39	0,09	-0,38	0,35	0,67	1,00	-	-	-	-
ENN	-0,95	-0,96	-0,13	-0,97	-0,88	-0,28	1,00	-	-	-
IE	0,99	0,89	-0,24	0,98	0,98	0,53	-0,92	1,00	-	-
IAA	0,22	0,28	0,86	0,29	0,27	0,08	-0,49	0,21	1,00	-
ISA	0,94	0,88	-0,47	0,92	0,86	0,36	-0,80	0,93	-0,12	1,00

Legenda: [Trigo] = concentração de trigo utilizada na formulação, U = umidade, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FB = fibra bruta, ENN = extrato não nitrogenado, IE = índice de expansão, IAA = índice de absorção de água, ISA = índice de solubilidade em água.

A umidade das rações não apresentou diferença significativa entre as amostras T0, T1 e T2 com nível de significância de 5%, sendo T3 a única estatisticamente diferente, portanto podemos inferir que a variação na quantidade de trigo não influenciou nesse parâmetro. Para matéria mineral, T0 apresentou o maior valor, além de ser estatisticamente diferente de todos os outros valores, T1 e T2 não tiveram diferença significativa entre si com os menores valores encontrados e, por fim, T3 foi significativamente diferente das outras três formulações, apresentando valor intermediário.

Os resultados de proteína demonstraram que a concentração de trigo foi um fator importante em sua variação, apresentando uma correlação muito forte ($r = 1,00$), ou seja, a concentração de proteína bruta é diretamente proporcional à concentração da farinha de trigo. Além disso, houve diferença significativa com nível de confiança de 95% entre todas as formulações, reforçando que a correlação citada anteriormente é real. Os resultados apresentados eram esperados já que o trigo



apresenta entre 8% e 15% de proteínas, sendo que 85 a 90% delas é glúten ainda na forma de gliadina e glutenina (BIESIEKIERSKI, 2017). Além disso, os outros componentes da formulação podem ter contribuído para esse teor de proteínas, a soja, por exemplo, contém de 30% a 45% de proteínas em sua composição (BORDINGNON & MANDARINO, 1994), no farelo esse teor aumenta, com a fabricante garantindo teor mínimo de 46% de proteína bruta.

Os resultados de extrato etéreo não apresentaram diferença significativa entre nenhuma das composições, fato explicado pela adição da mesma fração de óleo de soja em todas as formulações. O teor de fibra bruta também não apresentou diferenças significativas entre nenhuma das formulações ($p > 0,05$), provavelmente por uma matéria amilácea ter sido trocada por outra similar, no caso o grits de milho substituído por farinha de trigo.

Os extratos não nitrogenados ou carboidratos não estruturais tiveram comportamento de diminuição do teor com o aumento da concentração de trigo ($r = -0,95$), essa relação pode ter explicação na relação entre extratos não nitrogenados e o teor de proteína bruta, que mostra a mesma tendência ($r = -0,97$). Além disso, T0 e T1 não têm diferença significativa entre si para extratos não nitrogenados, já T2 e T3 apresentaram-se significativamente diferentes dentre todas as formulações.

Para o índice de expansão dos extrusados houve diferença significativa entre todas as formulações ($p \leq 0,05$). Além disso, é possível observar o comportamento de aumento do índice de expansão com o aumento da proporção de farinha de trigo na mistura ($r = 0,99$), ou seja, quanto mais trigo adicionado maior a expansão do extrusado. De acordo com Arhaliass et al. (2009), o conteúdo de proteína influencia positivamente na expansão do produto, de modo a alterar a distribuição de água na estrutura da matriz, o que contribui para as propriedades extensionais do extrusado, fato que é reforçado pela correlação muito forte ($r = 0,98$) entre o índice de expansão e a concentração de proteínas.

O índice de expansão apresentou comportamento inversamente proporcional ao extrato não nitrogenado ($r = -0,92$), formado basicamente por carboidratos. Esse comportamento é contraditório com o encontrado na literatura, Júnior et al. (2011) explica que o teor de amido influencia diretamente no índice de expansão do extrusado, pois ao passar pelo equipamento ocorre a gelatinização do carboidrato o que auxilia na expansão do produto. Contudo, este fato não é observado neste trabalho, sendo necessário mais análises e estudos para entender o comportamento encontrado.

O índice de absorção de água não apresentou comportamento específico em relação à concentração de trigo. Para o teste de Tukey, não houve diferença significativa entre os resultados de T0, T2 e T3, além disso T1 e T2 também não apresentaram diferença entre si. Já os resultados de índice de solubilidade em água exibiram correlação muito forte com a quantidade de trigo adicionado na formulação ($r = 0,94$), portanto o aumento deste componente aumenta o ISA da ração, comportamento



que sugere maior dextrinização do produto com maior quantidade de trigo (KOWALSKI, MORRIS & GANJYAL, 2015, apud GOMEZ & AGUILERA, 1984).

Uma forte relação entre o teor de proteínas e o ISA foi observada ($r = 0,92$), isso sugere que a extrusão, além de gelatinizar o amido, também desnaturou as proteínas presentes, ou seja, enfraqueceu e quebrou as ligações dos biopolímeros, o que facilita a penetração da água nas estruturas, aumentando o ISA por conta da maior exposição de grupos hidrofílicos (LUSTOSA, LEONEL & MISCHAN, 2009). Sobre o teste de médias, T2 não apresentou diferença significativa quando comparada com T1 e T3.

4 CONCLUSÃO

A adição de glúten na ração para roedores teve um impacto significativo nas propriedades físico-químicas e tecnológicas do produto final, sendo destaques o teor de proteínas, o índice de expansão e o índice de solubilidade em água. O aumento da concentração de trigo foi positivo nutricionalmente, já que aumentou a quantidade de proteínas. Contudo esse aumento pode ter intensificado a expansão dos extrusados, que pode ser prejudicial à densidade do produto, diminuindo-a, dificultando o envase e transporte da ração.

Outro parâmetro influenciado pela concentração de trigo e, conseqüentemente, teor de proteínas, foi o índice de solubilidade em água, podendo ter implicações importantes para a digestibilidade e a absorção de nutrientes da ração. Em conclusão, este estudo fornece insights valiosos sobre o impacto da adição de uma fonte de glúten na ração para roedores, abrindo caminho para futuras investigações sobre o impacto do glúten na saúde e bem-estar dos roedores.



REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PEPLINSKI, A. J. Gelatinization of corn grits by roll cooking, extrusion cooking and steaming. *Starch-Stärke*, v. 22, n. 4, p. 130-135, 1970.
- ANDRIGUETTO, José M. et al. *Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal. Os alimentos*, v. 5, 1981.
- ARHALIASS, A.; LEGRAND, J.; VOUCHEL, P.; PANCHAFODIL, F.; LAMER, T.; BOUVIER, J-M. The Effect of Wheat and Maize Flours Properties on the Expansion Mechanism During Extrusion Cooking. *Food and Bioprocess Technology*, v. 2, p. 186-193, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21. ed. Washington: AOAC, 2019. v.1-2.
- BIESIEKIERSKI, J. R. What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. v. 32, (Suppl. 1), p. 78-81, 2017.
- BORDINGNON, J. R.; MANDARINO, J. M. G. Soja: composição química, valor nutricional e sabor. 1994.
- DING, Qing-Bo et al. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, v. 73, n. 2, p. 142-148, 2006.
- JÚNIOR, M. S. S.; SANTOS, T. P. B., PEREIRA, G. F.; MINAFRA, C. da S.; CALIARI, M.; SILVA, F. A. da. Desenvolvimento de salgadinhos extrusados a partir de fragmentos de arroz e feijão. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 1, p. 191-200, Londrina, jan./mar. 2011.
- KOWALSKI, Ryan J.; MORRIS, Craig F.; GANJYAL, Girish M. Waxy soft white wheat: Extrusion characteristics and thermal and rheological properties. *Cereal Chemistry*, v. 92, n. 2, p. 145-153, 2015.
- LUSTOSA, Beatriz Helena Borges; LEONEL, Magali; MISCHAN, Martha Maria. Influência de parâmetros de extrusão na absorção e solubilidade em água de farinhas pré-cozidas de mandioca e caseína. *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, v. 20, n. 2, p. 223-229, 2009.
- MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. *Extrusion cooking* 2. ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998.
- MONTEIRO, Antonio R. G. et al. Eliminating the use of fat in the production of extruded snacks by applying starch coating. In: *Chemical Engineering Transactions Volume 49. Italian Association of Chemical Engineering-AIDIC*, 2016. p. 625-630.
- MOURA, A. M. A. de. *Nutrição de Roedores de Laboratório: Paradigmas e Desafios*. RESBCAL, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 288-296, 2014.
- NOBRE, S. R.; SILVA, T.; CABRAL, J. E. P. Doença celíaca revisitada. *Visão Acadêmica, Curitiba*, v.17, n.1, Jan. - Mar./2016
- OIKONOMOU, N. A.; KROKIDA, M. K. Water absorption index and water solubility index prediction for extruded food products. *International Journal of Food Properties*, v. 15, n. 1, p. 157-168, 2012.



REEVES, Philip G.; NIELSEN, Forrest H.; FAHEY JR, George C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *The Journal of Nutrition*, v. 123, n. 11, p. 1939-1951, 1993.

ROKEY, G. J.; PLATTNER, B.; SOUZA, E. M. D. Descrição do processo de extrusão do alimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 510-518, 2010.

TILOCCA, Bruno et al. Dietary changes in nutritional studies shape the structural and functional composition of the pigs' fecal microbiome—from days to weeks. *Microbiome*, v. 5, p. 1-15, 2017.

YOUSF, Nargis et al. Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 6, n. 6, p. 2165-2168, 2017.