

Efeito da substituição parcial do milho por melaço de cana-de-açúcar sobre parâmetros sanguíneos e a composição do músculo *longissimus thoracis* de suínos em crescimento

Effect of partially replacing corn with sugar cane molasses on blood parameters and composition of the *M. longissimus thoracis* of growing pigs

Vanessa Peripolli^{1*}, Gabriela Caillouel¹, Fernanda Ascencio Pace², Julia Helena Montes¹, Maiko Giorgi Philippe¹, José Laerte Nörnberg³, Juahil Martins de Oliveira Júnior¹, Ivan Bianchi¹, Elizabeth Schwegler¹, Fabiana Moreira¹

¹Instituto Federal Catarinense (IFC), Campus Araquari, Araquari, Santa Catarina, Brasil.

²Polinutri Nutrição Animal, Maringá, Paraná, Brasil.

³Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Autor correspondente: vanessa.peripolli@hotmail.com

Resumo

Neste estudo foi explorado o efeito do melaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao milho na dieta sobre os parâmetros sanguíneos e a composição do músculo *longissimus thoracis* (LT) de suínos em crescimento. Vinte leitões com 63 dias de idade, pesando $28,98 \pm 3,56$ kg foram aleatoriamente distribuídas nos tratamentos controle ou melaço de cana-de-açúcar. O melaço foi incluído ao nível de 3% em substituição parcial ao milho na dieta. Ao início e ao final do experimento foram coletadas amostras de sangue dos animais. Os animais foram abatidos aos 110 dias de idade após 47 dias de experimento pesando $67,9 \pm 5,58$ kg e uma amostra do músculo LT foi extraída e avaliada. Cada animal foi considerado uma unidade experimental. Não houve diferença entre os tratamentos sobre o comprimento e a área do músculo LT. A espessura de toucinho foi reduzida ao utilizar o tratamento melaço de cana-de-açúcar (5,80 mm) em relação ao tratamento controle (8,90 mm) ($P < 0,05$). Níveis mais elevados da enzima gama-glutamil transferase (GGT) foram observados nos animais do tratamento controle (67,10 UI/L) em comparação aos animais do tratamento melaço de cana-de-açúcar (49,90 UI/L) ($P < 0,05$). A composição proximal e o perfil e qualidade dos ácidos graxos não foram influenciados pelo tratamento. O melaço de cana-de-açúcar utilizado como fonte energética em substituição parcial ao milho na dieta de suínos em crescimento ao nível de 3% reduziu a espessura de toucinho da carcaça de suínos e melhorou a concentração sérica da enzima gama-glutamil transferase de suínos.

Palavras-chave: ácidos graxos; área de olho de lombo; carne; espessura de gordura subcutânea; suínos

Abstract

The effect of sugar cane molasses, as a partial replacement to corn in the diet, on blood parameters and composition of the *M. longissimus thoracis* (LT) in growing pigs was explored in this study. Twenty female pigs aged 63 days, and weighing 28.98 ± 3.56 kg, were randomly assigned to either the control or sugar cane molasses treatments. Molasses was included at the 3% level to partially replace corn in their diet. Blood samples were collected at the beginning and end of the experiments. The animals were slaughtered at 110 days of age after 47 days in the experiment, weighing 67.9 ± 5.58 kg, and an LT muscle sample was extracted and evaluated. Each animal was considered an experimental unit. The treatment had no effect on the length and area of the LT muscle. Backfat thickness was reduced when using the sugar cane molasses treatment (5.80 mm) compared to the control treatment (8.90 mm) ($P < 0.05$). Higher enzyme gamma-glutamyl transferase (GGT) levels were observed in animals of the control treatment (67.10 IU/L) compared to animals treated with the sugar cane molasses treatment (49.90 IU/L) ($P < 0.05$). Moreover, the proximal composition, fatty acid profile, and quality were not influenced by treatment. Sugar cane molasses, used as an energy source to partially replace corn in the diet of growing pigs at a level of 3%, reduced the backfat thickness of the pig carcass and improved the serum concentration of the enzyme gamma-glutamyl transferase in pigs.

Key words: eye muscle area; fatty acids; meat; pig; subcutaneous fat thickness

1. Introdução

Os custos associados às dietas de suínos continuam sendo um desafio para os nutricionistas de animais que são desafiados com a tarefa de aumentar a

produção de proteínas animais enquanto buscam custos mínimos de insumos, assegurando assim uma produção sustentável⁽¹⁾. O melaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), composto por sacarose (32,8%), frutose (21,1%), e glicose (7,4%), é uma alternativa viável em

Recebido: 26 de dezembro de 2022. Aceito: 24 de fevereiro de 2023. Publicado: 21 de março de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

comparação aos cereais devido à sua disponibilidade, elevado valor energético e custo baixo^(2,3). Possui um teor de energia digestível e metabolizável inferior ao do milho, apesar da elevada digestibilidade (cerca de 100%) dos carboidratos solúveis⁽⁴⁾. No entanto, a substituição de uma fração mais elevada de cereais por melaço na dieta dos suínos causa diarreia e redução da taxa de crescimento⁽⁵⁾. Além disso, a dificuldade de mistura limita a utilização de níveis elevados de melaço na dieta⁽⁶⁾. Um estudo anterior mostrou que o melaço de cana-de-açúcar pode ser utilizado até o nível de 5% para substituir o milho na dieta de terminação de suínos sem afectar o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes, os metabólitos do sangue, a emissão de gases nocivos fecais e a qualidade da carne⁽⁷⁾.

Os produtos de carne suína têm sido associados a uma imagem pouco saudável devido às proporções relativas dos ácidos graxos polinsaturados e saturados⁽⁸⁾. Em geral, a carne suína contém predominantemente os ácidos graxos oleico (C18:1n9), palmítico (C16:0), linoleico (C18:2), esteárico (C18:0) e araquidônico (C20:4) devido à síntese de ácidos graxos (Síntese de Novo). A conversão da glucose em triglicéridos chamada lipogênese fornece pelo menos 80% dos ácidos graxos depositados em suínos⁽¹¹⁾. Contudo, um dos principais fatores que influenciam a deposição dos ácidos graxos, bem como o seu perfil, é a nutrição que os animais recebem durante o processo de criação⁽⁷⁾, consequentemente, alterações na nutrição dos animais antes do abate podem modificar este cenário, alterando a composição dos ácidos graxos da carne⁽⁹⁾.

Tanto o milho como o melaço de cana-de-açúcar são fontes de ácidos graxos polinsaturados com linoleico (47,50%), oleico (30,96%), palmítico (14,28%), esteárico (4,16%) e α -linolénico (1,75%) sendo os ácidos graxos mais abundantes no milho⁽¹²⁾, enquanto que linoleico (39,20%), palmítico (24,39%), oleico (19,96%) e α -linolénico (7,07%) são os ácidos graxos mais abundantes no melaço de cana-de-açúcar⁽¹³⁾. Assim, nós hipotetizamos que o melaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao milho na dieta de suínos em crescimento, não influencia os parâmetros sanguíneos e o perfil dos ácidos graxos e a qualidade do músculo *longissimus thoracis* dos suínos. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do melaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), como substituto parcial do milho na dieta, sobre os parâmetros sanguíneos e a composição do músculo *longissimus thoracis* de fêmeas suínas em crescimento.

2. Material e métodos

2.1 Animais e dietas experimentais

Os procedimentos realizados neste estudo foram

aprovados pelo Comitê de Ética para a Utilização de Animais do Instituto Federal Catarinense (IFC), sob o protocolo número 247/2018. O experimento foi realizado em uma granja experimental localizada na cidade de Araquari (26°22'12" S e 48°43'20" W, com altitude de 9 m) no sul do Brasil. O clima é Cfa (mesotérmico húmido com verões quente) de acordo com o sistema de classificação Koppen. Foi utilizado um total de 20 fêmeas suínas descrechadas, resultantes do cruzamentos entre fêmeas Large White × Landrace e machos EMBRAPA MS 115. O experimento teve a duração da fase de crescimento, que foi desde a idade de descreche aos 63 dias até a idade de abate aos 110 dias, totalizando um período de 47 dias. As fêmeas, com 63 dias de idade e pesando $28,98 \pm 3,56$ kg, foram identificadas por meio de brincos e distribuídas de forma homogênea quanto ao peso entre os dois tratamentos experimentais. Os animais foram alojados em duas baias com área de 15,5 m² e piso maciço. Havia 10 animais por baia. Cada animal foi considerado uma unidade experimental. A ração foi fornecida em comedouros semiautomáticos e a água em bebedouros tipo chupeta; ambos foram fornecidos *ad libitum*. A ingestão individual dos suínos não foi registrada.

Os animais receberam uma dieta comercial peletizada, isoenergética, e isoproteica (Polinutri Alimentos SA, São Paulo, Brasil) formulada para atender as exigências de aminoácidos ileais digestíveis dos suínos durante a fase de crescimento. Os tratamentos experimentais consistiram em um tratamento controle e em um tratamento com melaço de cana-de-açúcar, onde o melaço de cana-de-açúcar foi incluído ao nível de 3% como substituto do milho na dieta (Tabela 1). No tratamento controle, foi adicionado açúcar refinado para manter ambas as dietas isoenergéticas. O açúcar refinado foi adicionado durante o processo de peletização, enquanto que o melaço de cana-de-açúcar líquido foi adicionado automaticamente no processo de pós-peletização via pulverização.

2.2 Análises dos parâmetros sanguíneos

As amostras de sangue de todos os animais foram colhidas através da punção venosa da veia jugular após 12 h de jejum no início e no final do experimento. As amostras foram então centrifugadas a 7.000 g durante 5 min. O soro resultante foi congelado a -20°C em microtubos (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha) para as análises dos parâmetros sanguíneos^(7,14). Os níveis séricos de colesterol de alta densidade (HDL), colesterol total, triglicéridos, ureia, albumina, e gama-glutamil transferase (GGT) foram analisados em duplicata usando o método colorimétrico com kits comerciais (Labtest, Lagoa Santa, MG, Brasil). O coeficiente de variação intra e inter-ensaio para as duplicatas foi inferior a 10%.

Table 1. Ingredientes, assim como as composições químicas e de ácidos graxos, das dietas experimentais de suínos em crescimento

	Tratamento	
	Controle	Melaço de cana-de-açúcar
<i>Ingredientes da ração, %</i>		
Milho moído ¹	59,09	57,35
Farelo de soja 45,5%	19,3	19,44
Farelo de trigo	6,6	6,6
Farinha de carne e ossos 40%	5,24	5,24
Açúcar refinado	4	-
Melaço de cana de açúcar ³ + Antifúngico	-	4
Farinha de sangue seca instantânea	2	2
Glúten	1,8	1,8
Sal moído	0,54	0,54
Óleo de soja	0,42	0,9
Premix ⁴	0,45	0,45
Aminoácidos totais	0,55	1,67
<i>Composição química da ração, % da MS</i>		
Matéria seca (MS)	88,73	87,82
Proteína bruta	20	20
Fibra bruta	6	5,82
Extrato etéreo	5,17	5,89
Cinzas	4,85	5,5
Cálcio	0,84	0,85
Fósforo	0,62	0,63
<i>Ácidos graxos, g/100 g de EMAG</i>		
14:0	0,78	0,72
14:1	0,19	0,18
15:0	0,19	1,18
16:0	20,54	20,07
16:1n7	2,13	2,15
17:0	0,19	0,18
18:0	5,81	5,73
18:1n9t	0,19	0,18
18:1n9c	32,36	32,8
18:2n6c	34,3	32,59
18:3n3	1,94	1,97
20:0	0,39	0,36
20:1n9	0,39	0,36
20:4n6	0,19	0,18
22:0	0,19	0,18
24:0	0,19	0,18
AGS	28,49	27,78
AGMI	35,08	35,48
AGPI	36,63	36,92
AGPI/AGS	1,29	1,33
n-6/n-3	17,9	17,73
n-6	34,69	34,95
n-3	1,94	1,97
<i>Energia, MJ/kg</i>		
Energia metabolizável	13,5	13,5
<i>Aminoácidos, %</i>		
Arginina	1,167	1,167
Glicina + Serina total	1,895	1,894
Isoleucina	0,72	0,72
Lisina	1,594	1,581
Metionina	0,383	0,392
Metionina + Cisteína	0,695	0,695
Treonina	0,771	0,762
Triptofano	0,217	0,217
Valina	0,941	0,941
Aminoácidos totais	8,383	8,369

¹92,60% matéria seca; 8,80% proteína bruta; 4,08% extrato etéreo; 1,35% cinzas; 0,02% cálcio; 0,19% fósforo; 14,19 MJ/kg de energia metabolizável. ²99,00% matéria seca; 0,00% proteína bruta; 0,00% extrato etéreo; 0,14% cinzas; 0,00% cálcio; 0,00% fósforo; 15,65 MJ/kg de energia metabolizável. ³73,90% matéria seca; 3,66% proteína bruta; 0,10% extrato etéreo; 8,75% cinzas; 0,76% cálcio; 0,06% fósforo; 9,82 MJ/kg energia metabolizável. ⁴9,400 mg/kg manganês; 14,000 mg/kg ferro; 13,700 mg/kg zinco; 1,800 mg/kg cobre; 275 mg/kg iodo; 24 mg/kg selênio; 4,000 mg/kg nicotinamida; 1,600,000 UI de vitamina A; 3,000 mcg de vitamina B12; 442 mg/kg vitamina B6; 400 mg/kg vitamina B2; 320,000 UI de vitamina D3; 400 mg de vitamina K3; 1,600 UI de vitamina E; 90 mg/kg de ácido pantotênico; 2,400 mg/kg de etoxiquina. UI: unidades internacionais. AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; AGPI: ácidos graxos polinsaturados; EMAG: ésteres metílicos de ácidos graxos; n-3, n-6 e n-9, ácidos graxos das famílias ômega 3, ômega 6 e ômega 9, respectivamente.

2.3 Avaliação da espessura do toucinho e coleta de amostras musculares

Os animais foram abatidos com peso médio de 67,90 ± 5,58 kg num abatedouro local onde, antes da sangria, os suínos foram insensibilizados electricamente. A espessura de toucinho (ET) foi medida entre a 12^a e a 13^a costela da carcaça esquerda com um paquímetro, com uma extremidade colocada por cima da pele e a outra na linha de separação entre o toucinho e a carne. A medição foi realizada na altura da última costela, estando na região de inserção da última vértebra torácica com a primeira vértebra lombar.

Uma amostra de 300 g do *M. longissimus thoracis* (LT) foi extraída entre a 12^a e 13^a costela de cada carcaça esquerda. A profundidade do *M. longissimus thoracis* foi definida com a ajuda de um paquímetro medido perpendicular à extremidade oposta do músculo, a seis centímetros da linha mediana da carcaça cortada. O comprimento do *M. longissimus thoracis* foi definido com a ajuda de um paquímetro e o comprimento mais longo do músculo foi medido. As imagens do *M. longissimus thoracis* foram capturadas com uma câmara com uma resolução de 4.000 × 3.000 pixels. Cada amostra foi fotografada sobre uma superfície em branco e uma régua foi colocada abaixo do corte da carne para obter a relação de pixel para mm para a análise posterior da imagem⁽¹⁵⁾. A área do olho de lombo foi realizada via processamento de imagem utilizando o software ImageJ® (NIH, Maryland, EUA) e o editor Bio7® (<https://bio7.org/>)^(16,17). Posteriormente, foram feitos seis bifés a partir de cada LT. Estas amostras foram identificadas, cobertas com folha de alumínio, embaladas em sacos plástico e congeladas por até dois meses a -20°C para posterior análise.

2.4 Composição química e análise do perfil de ácidos graxos

Trinta gramas de cada amostra de *M. longissimus thoracis* (LT) foi liofilizada (Terroni, LS3000B, Brasil) em condições ideais⁽¹⁴⁾ para as análises de composição química e lipídios totais. A determinação química da umidade, proteína bruta e cinzas seguiu os métodos da AOAC⁽¹⁸⁾. Foram também analisados os lipídios totais⁽¹⁹⁾ e a transesterificação do perfil de ácidos graxos⁽²⁰⁾. Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram obtidos via cromatografia gasosa (GC) (Agilent, 45.813-01, CA, EUA) usando uma coluna capilar de sílica fundida 0,25 mm × 60 m (Supelco SPTM-2362, PA, EUA). A temperatura do forno variou entre 100°C e 240°C, enquanto que as temperaturas do injetor e do detector foram de 250°C e 280°C, respectivamente. O nitrogênio, com um fluxo de 0,6 mL/min, foi utilizado como gás de arraste. Os ácidos graxos individuais

foram identificados comparando o seu tempo de retenção com o de um padrão (Supelco Mix 37 componentes FAME), e quantificados pela incorporação do padrão C23:0 antes da metilação. Os ésteres metílicos foram transformados em ácidos graxos utilizando tanto o fator de correção teórico como o factor de conversão proposto por Tonial et al.⁽²¹⁾.

A partir dos ácidos graxos foram calculados os ácidos graxos saturados (AGS), os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), os ácidos graxos polinsaturados (AGPI), a relação AGPI/AGI, e a relação de ácidos graxos polinsaturados ômega 6 (n-6)/ômega 3 (n-3) (n-6/n-3). Também, a proporção de ácidos graxos desejáveis (AGD) $AGD = (AGMI + AGPI + C18:0)$ foi calculada de acordo com Rhee⁽²²⁾. O índice de aterogenicidade (IA): $IA = [(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)] / (\Sigma AGMI + C18:1 + \Sigma n-6 + \Sigma n-3)$ e o índice de trombogenicidade (IT): $IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0.5 \times \Sigma AGMI) + (0.5 \times C18:1) + (0.5 \times \Sigma n-6) + (3 \times \Sigma n-3) + (\Sigma n-3 / \Sigma n-6)]$, foram calculados de acordo com Ulbricht e Southgate⁽²³⁾, e foram utilizados para avaliar a qualidade nutricional da fração lipídica.

A relação de ácidos graxos hipocolesterolemicos (h) para hipercolesterolemicos (H) $h/H = [(C18:1cis-9 + C18:2n6 + C20:4n6 + C18:3n3 + C20:5n3 + C22:6n3) / (C14:0 + C16:0)]$ foi calculada de acordo com Santos-Silva et al.⁽²⁴⁾.

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando o software Statistical Analysis System (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA, v.9.4), como um desenho completamente casualizado. A normalidade dos dados e a homogeneidade dos resíduos foram avaliadas usando os testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. O procedimento MIXED foi utilizado para testar o efeito do tratamento sobre o comprimento, profundidade, e área do LT, assim como a composição química, perfil de ácidos graxos, e qualidade do *M. longissimus thoracis*. O animal foi considerado como um efeito aleatório. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \epsilon_{ijk},$$

onde Y_{ijk} representa as variáveis dependentes; μ é a média geral das observações; α_i é o efeito fixo do tratamento ($i = 1, 2$); γ_j é o efeito aleatório do animal ($j = 1$ a 10); e ϵ_{ijk} é o erro experimental residual aleatório.

Os dados dos parâmetros sanguíneos (exceto para GGT) foram analisados como medida repetida no tempo, utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \tau_k + \alpha\tau_{ik} + \epsilon_{ijkl},$$

onde Y_{ijkl} representa as variáveis dependentes; μ é a média geral das observações; α_i é o efeito fixo do

tratamento ($i = 1, 2$); γ_j é o efeito aleatório do animal ($j = 1$ a 10); τ_k é o efeito fixo do tempo ($k =$); $\alpha\tau_{ik}$ é a interação entre tratamento \times tempo; e ϵ_{ijkl} é o erro experimental residual aleatório.

O efeito principal do tratamento foi avaliado ao nível de 5% de significância. Utilizando o critério de informação Akaike, a estrutura CS (simetria composta) foi considerada o melhor modelo para a estrutura da covariância residual.

A espessura do toucinho e as variáveis GGT foram analisadas utilizando o teste Kruskal-Wallis (NPAR1WAY) a um nível de 5% de significância. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $P < 0,05$. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij},$$

onde Y_{ij} representa as variáveis dependentes; μ é a média geral das observações; α_i é o efeito fixo do tratamento ($i = 1, 2$); e ϵ_{ij} é o erro experimental residual aleatório.

3. Resultados

Quando o melaço de cana-de-açúcar substituiu parcialmente o milho na dieta de suínos em crescimento, não houve efeito significativo no comprimento, profundidade e área do *M. longissimus thoracis* (Tabela 2). No entanto, os animais que receberam o tratamento controle tiveram maior espessura de toucinho do que os animais que receberam melaço de cana-de-açúcar ($P = 0,0223$, Tabela 2).

Tabela 2. Efeito do melaço de cana-de-açúcar, como substituto parcial do milho na dieta, sobre os parâmetros do *M. longissimus thoracis* e a espessura de toucinho de suínos em crescimento

Parâmetros	Tratamento		Média	EPM	Pr>F
	Controle	Melaço de cana-de-açúcar			
Comprimento do LT, cm	8,54	8,76	8,65	0,19	0,578
Profundidade do LT, cm	5,62	5,41	5,7	0,146	0,488
Área do LT, cm ²	65,91	68,06	66,98	2,155	0,632
Espessura de toucinho, mm	8,9	5,8	7,35	0,646	0,022

EPM, erro padrão da média; Pr>F, probabilidade; LT, *longissimus thoracis*.

Com exceção da enzima GGT, os parâmetros sanguíneos não foram influenciados pelo melaço de cana-de-açúcar em substituição ao milho na dieta (Tabela 3). Os animais que receberam o tratamento controle apresentaram maiores valores de GGT do que os animais que receberam melaço de cana-de-açúcar na dieta ($P = 0,0123$).

Tabela 3. Efeito do melão de cana-de-açúcar, como substituto parcial do milho na dieta, sobre os parâmetros sanguíneos de suínos em crescimento

Parâmetros	Tratamento		Média	EPM	Pr>F
	Controle	Melão de cana-de-açúcar			
HDL, mg/dl	54,19	56,04	41,1	1,279	0,475
Colesterol total, mg/dl	100,9	100,25	100,57	2,817	0,909
Triglicérides, mg/dl	55,71	50,18	33,65	2,193	0,218
Úreia, mg/dl	34,12	37,86	32,07	1,332	0,165
Albumina, g/dl	4	3,66	3,75	0,25	0,564
GGT, IU/l	67,1	49,9	58,5	3,159	0,012

EPM, erro padrão da média; Pr>F, probabilidade; HDL, colesterol de alta densidade; GGT, gama-glutamil transferase; IU, unidades internacionais.

Table 4. Efeito do melão de cana-de-açúcar, como substituto parcial do milho na dieta, sobre a composição química, perfil de ácidos graxos e qualidade do *M. longissimus thoracis* de suínos em crescimento

Parâmetros	Tratamento		Média	EPM	Pr>F
	Controle	Melão de cana-de-açúcar			
<i>Composição química, g/100 g</i>					
Umidade	74,65	74,35	74,5	0,143	0,306
Cinzas	1,34	1,32	1,33	0,023	0,512
Proteína bruta	23,8	24,12	22,77	0,119	0,179
Lípidios totais	1,35	1,27	0,81	0,033	0,241
<i>Ácidos graxos, mg/100 g de EMAG</i>					
10:0	1,5	1,4	1,45	0,005	0,649
12:0	1	1	1	0,003	0,139
14:0	14,8	14,5	14,6	0,029	0,577
16:0	256,4	253,3	254,9	0,155	0,342
16:1n7	36	32,1	34	0,12	0,117
17:0	2,7	2,1	2,4	0,017	0,106
17:1n7	1,9	1,9	1,9	0,009	0,916
18:0	132	124,1	128,1	0,27	0,148
18:1n9	408,3	406,9	407,6	0,244	0,777
18:2n6	105,9	105	105,4	0,085	0,621
18:3n6	1,2	1,1	1,1	0,011	0,444
20:0	1,6	1,6	1,6	0,006	0,936
18:3n3	5,1	4,8	4,9	0,015	0,376
20:1n9	8,2	8,2	8,2	0,017	0,91
20:2n6	5,1	4,5	4,8	0,023	0,191
20:3n6	3,9	3,5	3,7	0,0285	0,5096
20:4n6	20	19,2	19,6	0,1274	0,7487
22:1n9	1,1	0,9	1	0,0081	0,2386
24:1n9	4,6	3,9	4,3	0,0296	0,256
AGS	407,4	403,5	405,5	0,2894	0,518
AGMI	457,5	452,7	455,1	0,2996	0,4339
AGPI	140,1	139,5	139,8	0,2097	0,8945
AGPI/AGS	0,34	0,34	0,34	0,0062	0,8191
n-6/n-3	28,36	26,69	27,52	0,7044	0,247
n-6	135,3	134,5	134,9	0,2012	0,845
n-3	5,1	4,8	4,9	0,0153	0,3765
<i>Qualidade dos ácidos graxos, mg/100 g de EMAG</i>					
IA	3,2	3,1	3,15	0,0025	0,1656
IT	7,8	7,6	7,7	0,009	0,558
h/H	20	19,8	19,9	0,0191	0,6512
AGD	724,9	721,3	723,1	0,1687	0,3006

EPM, erro padrão da média; Pr>F, probabilidade; AGS, ácidos graxos saturados; AGMI, ácidos graxos monoinsaturados; AGPI, ácidos graxos polinsaturados; n-3, n-6 e n-9, ácidos graxos das famílias ômega 3, ômega 6 e ômega 9, respectivamente; IA, índice de aterogenicidade; IT, índice de trombogenicidade; h/H, relação hipocolesterolemicos para hipercolesterolemicos; AGD, ácidos graxos desejáveis; EMAG, ésteres metílicos de ácidos graxos.

4. Discussão

Nas raças suínas atuais, os objetivos da seleção genética têm resultado em forte redução do potencial de lipogênese, gerando animais com menor deposição de gordura intramuscular e maior percentual de carne magra na carcaça. Conseqüentemente, isso afeta a qualidade do

A composição química do *M. longissimus thoracis*, bem como o perfil de ácidos graxos, índices aterogênicos (AI) e trombogênicos (TI), relação de ácidos graxos hipocolesterolemicos para hipercolesterolemicos (h/H) e ácidos graxos desejáveis (AGD) não foram influenciados pela substituição parcial do milho por melão de cana-de-açúcar na dieta (Tabela 4).

produto final, principalmente em relação aos aspectos tecnológicos e sensoriais^(10,25,26). As fêmeas que receberam melão de cana-de-açúcar na dieta apresentaram espessura de toucinho reduzida em comparação com aquelas que receberam a dieta controle. Esse efeito pode ser devido a uma diminuição na eficiência de utilização de energia e proteína⁽¹³⁾. Essa redução na utilização de

energia pode ser explicada tanto pela digestão incompleta da sacarose quanto pela absorção intestinal incompleta da frutose^(3,13). Nesse contexto, Mordenti et al.⁽¹³⁾ afirmaram que o uso de melaço em dietas de suínos também poderia melhorar a relação carne/gordura da carcaça, reduzindo a incidência de gordura nos cortes. Portanto, essa redução no teor de gordura pode ser um bom indicador do rendimento de carne magra na carcaça e, conseqüentemente, atender a demanda do mercado consumidor, que prefere carnes mais magras⁽²⁷⁾. Por outro lado, a gordura de cobertura associada à gordura de marmoreio é um fator que afeta positivamente a maciez da carne, principalmente na percepção de sua suculência^(26,28).

Nos suínos, a taxa de deposição de gordura é influenciada por vários fatores, incluindo nutrição, sexo, idade, peso de abate, temperatura ambiente, e genótipo animal⁽²⁸⁾. Embora a arquitetura poligênica da espessura do toucinho e o papel dos genes envolvidos na homeostase energética, adipogênese, metabolismo dos ácidos graxos, e insulina, sinalizam vias para a deposição de gordura em suínos⁽²⁵⁾. Dado que a gordura é um tecido que aumenta em percentagem com o aumento da maturidade animal, resultando numa menor eficiência alimentar⁽²⁹⁾, espera-se que o suíno atual tenha uma menor deposição de gordura na carcaça neste momento de abate. Dutra Jr et al.⁽³⁰⁾ relataram que as fêmeas (Camborough 22) abatidas aos 120 kg tinham uma espessura média de toucinho de 16,4 mm, e para as abatidas aos 70 kg, o valor médio foi de 12,4 mm, que é superior aos valores observados neste estudo de 5,80 mm e 8,90 mm para suínos abatidos com 67,90 kg dos grupos melaço de cana e controle, respectivamente. Este é um resultado muito promissor, considerando que os genótipos atuais de suínos utilizados para a produção industrial de carne magra estão sendo abatidos em idades mais avançadas^(31,32). Além disso, Aymerich et al.⁽³³⁾ observaram que as fêmeas apresentaram maior espessura de toucinho do que os machos.

A área do *M. longissimus thoracis* (LT) é uma medida utilizada para prever a quantidade de músculo na carcaça, e é a medida mais confiável para avaliar o desenvolvimento e o tamanho do tecido muscular⁽³⁴⁾. Neste estudo, a área do músculo LT não foi influenciada pela substituição parcial do milho pelo melaço de cana-de-açúcar, possivelmente porque as dietas experimentais foram isoenergéticas e isoproteicas, e os animais atingiram pesos de abate semelhantes. No entanto, Brooks e Iwanaga⁽³⁵⁾ observaram que suínos alimentados com uma dieta contendo melaço de cana-de-açúcar e gordura tinham uma área do músculo LT maior do que aqueles com dieta basal de milho. As diferenças entre esses estudos podem estar relacionadas à fase de crescimento dos animais, quantidade de melaço de cana-de-açúcar na dieta e a conversão alimentar. Além disso, a área do

músculo LT está diretamente relacionada ao conteúdo muscular total da carcaça⁽³⁶⁾ e inversamente relacionada ao teor de gordura⁽³⁷⁾. O aumento na produção de massa muscular resultou em carcaças com melhor qualidade, sendo este um importante indicador do rendimento de cortes de alto valor comercial.

As fêmeas do tratamento controle tiveram uma concentração de GGT (67,10 IU/L) acima dos valores de referência para suínos, variando de 10 a 52 IU/L⁽³⁸⁾, o que pode ser indicativo de lesões hepáticas agudas, o que causa um aumento sérico imediato na maioria das espécies animais⁽³⁹⁾. No entanto, as fêmeas que receberam melaço de cana que substituiu parcialmente o milho na dieta mantiveram os níveis de GGT (49,90 UI/L) dentro dos valores de referência para a espécie. A GGT sérica mais elevada no tratamento controle pode ser devido as condições hepáticas pró-coagulantes e pró-inflamatórias induzidas pela dieta⁽⁴⁰⁾, pois o melaço é transformado em glicose mais rapidamente que o amido⁽⁴¹⁾ com menor sobrecarga hepática na gliconeogênese.

Muñoz et al.⁽⁴²⁾ encontraram uma correlação positiva entre os indicadores de lipídios no sangue, tais como HDL, LDL, e colesterol total em suínos castrados Duroc com o aumento da idade de abate; o oposto foi observado para os níveis séricos de triglicerídeos. No entanto, apresentaram uma fraca correlação com a deposição de gordura na carcaça. No presente estudo, os indicadores do metabolismo lipídico mantiveram-se constantes no nível basal e não foram influenciados pelo melaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao milho na dieta. Isso possivelmente se deve à idade de abate e ao peso das fêmeas.

A gordura corporal dos suínos depende da composição da gordura fornecida na dieta; esses ácidos graxos são depositados diretamente na gordura corporal. Assim, é possível obter o perfil de gordura pela ração fornecida⁽⁴³⁾. Embora neste estudo, o melaço de cana-de-açúcar em substituição parcial do milho na dieta não tenha tido efeito sobre o perfil lipídico, os ácidos graxos presentes na carne em concentrações mais elevadas foram C18:1, C16:0, C18:0, e C18:2n6, sendo os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) presentes em níveis mais elevados, seguidos pelos ácidos graxos saturados (AGS) e polinsaturados (AGPI). Estes resultados corroboram com Poklukar et al.⁽¹¹⁾ que observaram que a maioria das raças de suínos apresentaram níveis mais elevados de AGMI e níveis mais baixos de AGPI na sua composição. Enquanto o ácido esteárico (C18:0) reduz o colesterol sérico em humanos, convertendo-o rapidamente para C18:1⁽²⁹⁾, o ácido palmítico (C16:0) aumenta a síntese de colesterol favorecendo o acúmulo de LDL e é um factor de risco para doenças cardiovasculares^(44,45).

Quando consumidas em grandes quantidades, as gorduras saturadas podem predispor um indivíduo ao aparecimento de doenças cardiovasculares e câncer,

entretanto, quando os AGPIs são consumidos em grandes quantidades são benéficos para a saúde humana devido à sua associação com um menor risco de morte⁽²⁹⁾. No presente estudo, a relação AGPI/AGS de 3.40 mg/100g de EMAG foi inferior ao valor máximo de 4.00 mg/100g recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que é benéfico em dietas humanas. Entre os ácidos graxos polinsaturados, o consumo de ácidos graxos ômega-6 (n-6) e ômega-3 (n-3) é considerado essencial na dieta dos mamíferos. A concentração de n-6 na carne suína é elevada, uma vez que a base da ração animal é rica em óleo de soja e milho, e contribui para o aumento dos níveis desse ácido graxo no tecido adiposo, aumentando consequentemente a relação n-6/n-3 na carne⁽⁴⁶⁾. Portanto, como esperado, a relação n-6/n-3 no presente estudo ficou acima do valor de 4:1 recomendado pela OMS, sendo considerada fator de risco para o desenvolvimento de doenças coronarianas, alérgicas, inflamatórias e cardiovasculares, além do câncer⁽⁴⁷⁾.

Embora a carne suína tenha uma concentração de AGPI inferior à de peixes marinhos gordurosos, é uma fonte importante de ácidos graxos n-3 e n-6 para a maior parte da população, uma vez que o consumo desses peixes é proporcionalmente inferior. A possibilidade de aumentar os níveis de AGPIs na carne suína ajuda a reduzir a imagem negativa ligada à mesma, atribuída à quantidade de gordura saturada, que na realidade é menor na carne suína que a gordura polinsaturada, como observado no presente estudo. Os índices trombogênicos (IT) e aterogênicos (IA) são utilizados para avaliar a qualidade lipídica da carne e o seu efeito potencial sobre o desenvolvimento de doenças coronárias, uma vez que os seus cálculos consideram os ácidos graxos AGS, AGMI e AGPI⁽²²⁾. No presente estudo, os valores médios de IA e IT foram abaixo dos valores máximos recomendados de 6,00 mg/100g e 13,70 mg/100g de EMAG, respectivamente, para a carne suína de acordo com Ulbricht e Southgate⁽²³⁾ que sugerem que estes índices são mais adequados para avaliar a aterogenicidade dos alimentos do que a relação AGPI/AGS.

A relação h/H permite uma melhor avaliação nutricional do perfil lipídico, além de considerar os efeitos benéficos dos ácidos graxos monoinsaturados nesta relação, sendo útil na avaliação do efeito colesterolêmico dos lipídios^(29,48). Assim, quanto maior for a relação h/H, mais adequado será o óleo ou a gordura do ponto de vista nutricional. A relação média de h/H observada no presente estudo foi de 19,90 mg/100g de EMAG. Em suínos das raças Pulawska e Landrace da Polônia, a relação h/H variou entre 28,30 mg/100g e 29,10 mg/100g de EMAG⁽⁴⁹⁾. O valor médio de ácidos graxos desejáveis (AGD) observado no presente estudo foi de 723,10 mg/100g de EMAG. Tem sido sugerido que os níveis de AGD sejam usados como um indicador de risco para doenças cardiovasculares, sendo útil na avaliação da qualidade da

carne pois considera AGMI e AGPI além de C18:0; consequentemente, quanto maior o valor de AGD, menor o risco de doença cardiovascular⁽⁵⁰⁾.

5. Conclusão

O melaço de cana-de-açúcar utilizado como fonte energética em substituição parcial ao milho na dieta de suínos em crescimento, ao nível de 3%, resultou em animais com menor espessura de toucinho e melhor concentração sérica da enzima gama-glutamil transferase. Além disso, este tratamento não afetou a composição química, o perfil de ácidos graxos e a qualidade do *M. longissimus thoracis*. Portanto, o melaço de cana-de-açúcar pode ser utilizado na dieta de suínos em crescimento para reduzir a espessura do toucinho da carcaça e melhorar os parâmetros sanguíneos.

Conflito de interesses

Os autores declaram não ter conflitos de interesse com relação ao trabalho descrito neste artigo.

Contribuições dos autores

Conceituação: V. Peripolli, J.M. Oliveira Júnior e F. Moreira; *Curadoria de dados:* V. Peripolli, G. Caillouel e J.H. Montes; *Análise formal:* V. Peripolli; *Aquisição de financiamento:* V. Peripolli e F. Moreira; *Investigação:* V. Peripolli, G. Caillouel, F.A. Pace, J.H. Montes, M.G. Philippe, L.L. Nörnberg, J.M. Oliveira Júnior, I. Bianchi, E. Schwegler e F. Moreira; *Metodologia:* V. Peripolli, J.L. Nörnberg, J.M. Oliveira Júnior, I. Bianchi, E. Schwegler e F. Moreira; *Gerenciamento do projeto:* F. Moreira; *Redação (revisão e edição):* V. Peripolli, G. Caillouel, L.L. Nörnberg, J.M. Oliveira Júnior, I. Bianchi, E. Schwegler e F. Moreira.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Federal Catarinense (IFC) pela bolsa de estudo e financiamento (projeto número 130/2018), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de estudo (processo número 313593/2020-5) e à empresa Polinutri Alimentos SA pelo fornecimento da alimentação experimental.

Referências

- Sahu S, Patel BHM, Sarangi A, Kumar D, Malesh MS, Upadhyay D, Dutt T. Sun-dried sugarcane press mud could be a prospective feedstuff for swine production. *Sugar Tech*. 2022; 24(3):788-797. <https://doi.org/10.1007/s12355-021-01061-8>.
- Palmonari A, Cavallini D, Sniffen CJ, Fernandes L, Holde P, Fagioli L, Fusaro I, Biagi G, Formigoni A, Mammi L. Short communication: Characterization of molasses chemical composition. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(7):6244-6249. <http://doi.org/10.3168/jds.2019-17644>.
- Bayley HS, Figueroa V, Ly J, Maylin A, Perez A. Utilization of sugarcane final molasses by the pig: energy metabolism. *Canadian Journal of Animal Science*. 1983;63:455-462. <https://doi.org/10.4141/cjas83-054>.

4. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT, Euclides RF. Tabelas Brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3st ed. Viçosa: Editora da UFV; 2011. 252p. Português.
5. Diaz CP, Marrero L. Broken rice and final molasses for pig fattening. Cuban Journal of Agricultural Science. 1978; 12(2):177-134.
6. Singh NM, Singh LA, Kumari LV, Kadirvel G, Patir M. Effect of supplementation of molasses (*Saccharum officinarum*) on growth performance and cortisol profile of growing pig in north eastern hill ecosystem of India. Journal of Entomology and Zoology Studies. 2020; 8(2): 302-305.
7. Sureshkumar S, Lee SI, Nam DS, Kim IH. Effect of substitution of corn for molasses in diet on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal noxious gas emission, and meat quality in finishing pigs. Revista Brasileira de Zootecnia. 2017;45(3):107-112. <http://doi.org/10.1590/S1806-92902016000300004>.
8. Morgan CA, Noble RC, Cocchi M, McCartney R. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. J. Sci. Food Agric., 1992, 58: 357-368. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740580310>
9. Chen J, Li J, Liu X, He Y. Effects of dietary fat saturation level on growth performance, carcass traits, blood lipid parameters, tissue fatty acid composition and meat quality of finishing pigs. Animal Biosciences. 2021;34(5):895-903. <http://doi.org/10.5713/ajas.20.0247>.
10. Albuquerque TMNC, Ramos EM, Machado IFM, Borges PC, Bolleta AC, Marçal JO, Carvalho FP, Faria PB. Lipid profile and quality of meat from finishing pig supplemented with minerals. Food Science and Technology. 2019;39(3):721-728. <http://doi.org/10.1590/fst.06118>.
11. Poklukar K, Čandek-Potokar M, Batorek Lukač N, Tomažin U, Škrlep M. Lipid deposition and metabolism in local and modern pig breeds: A review. Animals. 2020;10(3):424. <https://doi.org/10.3390/ani10030424>.
12. Jiménez JJ; Bernal JL, Nozal MJ, Toribio L, Bernal J. Profile and relative concentrations of fatty acids in corn and soybean seeds from transgenic and isogenic crops. Journal of Chromatography A. 2009; 1216(43): 7288-7295. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.08.015>.
13. Mordenti AL, Giaretta E, Campidonico L, Parazza P, Formigoni A. A Review regarding the use of molasses in animal nutrition. Animals. 2021; 11: 115. <https://doi.org/10.3390/ani11010115>.
14. Pace FA, Montes JH, Philippe MG, Ramos LFP, Clementino FMM, Oliveira Júnior JM, Moreira F, Bianchi I, Peripolli, V. Interactive effects between sugar source and pelleting temperature on processing, digestibility and blood metabolites in nursery piglets. Livestock Science. 2020;240:104182. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104182>.
15. Giaretta E, Mordenti AL, Canestrari G, Brogna N, Palmonari A, Formigoni A. Assessment of muscle Longissimus thoracis et lumborum marbling by image analysis and relationships between meat quality parameters. PLoS ONE. 2018;13(8): e0202535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202535>
16. Junior FMV, Fernandes T, de Matos AT, Fernandes ARM, Alves LGC, Rossatti JA, Brites GDV, Zagonel NGT. Evaluator effect on the ultrasound measurement of subcutaneous fat deposition and loin eye area from weaning to slaughter lambs. Veterinary World Journal. 2021;14(1):259-264. doi: <http://doi.org/10.14202/vetworld.2021.259-264>.
17. Carpentier SC, Dens K, Houwe IVD, Swennen R, Panis B. Lyophilization, a practical way to store and transport tissues prior to protein extraction for 2DE analysis? Proteomics. 2007;7: 64-69. <http://doi.org/10.1002/pmic.200700529>.
18. AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists; 1995. 1200p.
19. Hara A, Radin NS. Lipid extraction of tissues of low toxicity solvent. Analytical Biochemistry. 1978;90(1):420-426. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(78\)90046-5](https://doi.org/10.1016/0003-2697(78)90046-5).
20. Christie WW. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. Journal of Lipid Research. 1982;23(7):1072-1075. [https://doi.org/10.1016/S0022-2275\(20\)38081-0](https://doi.org/10.1016/S0022-2275(20)38081-0).
21. Tonial IB, Oliveira DF, Coelho AR, Matsushita M, Coró FAG, Souza NE, Visentainer JV. Quantification of essential fatty acids and assessment of the nutritional quality indexes of lipids in tilapia alevins and juvenile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). Journal of Food Research. 2014;3(3):105-114. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n3p105>.
22. Rhee KS. Fatty acids in meats and meat products. In: Chow CK. Fatty acids in foods and their health implications. New York: CRC Press; 1992. p. 65-93.
23. Ulbricht TLV, Southgate DAT. Coronary heart disease: seven dietary factors. Lancet. 1991; 338(8773):985-992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-m](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-m).
24. Santos-Silva J, Bessa RJB, Santos-Silva F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. Livestock Production Science. 2002;77(2-3):187-194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3).
25. Gozalo-Marcilla M, Buntjer J, Johnsson M, Batista L, Diez F, Werner CR, Chen C-Y, Gorjanc G, Mellanby RJ, Hickey JM, Ros-Freixedes R. Genetic architecture and major genes for backfat thickness in pig lines of diverse genetic backgrounds. Genetics Selection Evolution. 2021;53:76. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00671-w>.
26. Zhang Z, Zhang Z, Oyelami FO, Sun H, Xu Z, Ma P, Wang Q, Pan Y. Identification of genes related to intramuscular fat independent of backfat thickness in Duroc pigs using single-step genome-wide association. Animal Genetics. 2021;52(1):108-113. <https://doi.org/10.1111/age.13012>.
27. Ngapo TM, Rubio Lozano MS, Braña Varela, D. Mexican consumers at the point of meat purchase. Pork choice. Meat Science. 2018;135:27-35. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.005>.
28. Malgwi IH, Halas V, Grünvald P, Schiavon S, Jócsák I. Genes related to fat metabolism in pigs and intramuscular fat content of pork: a focus on nutrigenetics and nutrigenomics. Animals. 2022;12(2):150. <https://doi.org/10.3390/ani12020150>.
29. Esteves GIF, Peripolli V, Costa Jr, JBG, Tanure CB, Menezes AM, Souza JR, Kindlein L, Bergmann GP, Louvandini H, McManus C. Effects of genetic group, pregnancy and age on carcass traits, meat quality and fatty acid profile in female sheep. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2019;32(1):21-33. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v32n1a03>.
30. Dutra Jr WM, Ferreira AS, Tarouco JU, Donzele JL, Euclides RF, Albino LFT, Cardoso LL, Fernandes SP. Predição de características quantitativas de carcaças de suínos pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. Revista Brasileira de Zootecnia. 2001;30(4):1251-1257. <https://doi.org/10.1590/S1516->

[35982001000500018](https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600001). Português.

31. Auqui SM, Egea M, Peñaranda I, Garrido MD, Linares MB. Rustic Chato Murciano pig breed: Effect of the weight on carcass and meat quality. *Meat Science*. 2019;156:105-110. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.022>.

32. Ba HV, Seo H-W, Seong P-N, Cho S-H, Kang S-M, Kim Y-S, Choi Y-M, Kim J-H. Live weights at slaughter significantly affect the meat quality and flavor components of pork meat. *Animal Science Journal*. 2019;90(5):667-679. <http://doi.org/10.1111/asj.13187>.

33. Aymerich P, Gasa J, Bonet J, Coma J, Solà-Orio D. The effects of sire line, sex, weight and marketing day on carcass fatness of non-castrated pigs. *Livestock Science*. 2019; 228:25-30. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.07.021>.

34. Santos L, Caldara F, Santos R, Nääs I, Foppa L, Garcia R, Paz I. Comparison of methodologies for assessment of pork loin eye area. *Boletim da Indústria Animal*, 2014;71(3): 211-216. <https://doi.org/10.17523/bia.v71n3p211>.

35. Brooks CC, Iwanaga II. Use of cane molasses in swine diets. *Journal of Animal Science*. 1967;26(4):741-745. <https://doi.org/10.2527/jas1967.264741x>.

36. Apple JK. Swine Nutrition and Pork Quality. In: Chiba LI. Sustainable Swine Nutrition. New Jersey: Wiley-Blackwell; 2012. p.413-438

37. Pietruszka A, Jacyno E, Kawęcka M, Biel W. The relation between intramuscular fat level in the longissimus muscle and the quality of pig carcasses and meat. *Annals of Animal Science*. 2015;15(4):1031-1041. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0046>.

38. González FHD, Silva SC. Introdução à bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 2022. Português. (<http://hdl.handle.net/10183/237269>)

39. Moreira CN, Souza NS, Barini AC, Araújo EG, Fioravanti MCS. γ -glutamyltransferase como indicador de lesão hepática crônica em bovinos sem sinais clínicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2012;64(6):1403-1410. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600001>. Português.

40. Nanizawa E, Otsuka S, Hatayama N, Tamaki Y, Hayashi Y, Ishikawa T, Hirai S, Naito M. Short-term high-fat and high-carbohydrate diets increase susceptibility to liver injury by inducing hepatic procoagulant and proinflammatory conditions with different balances. *Nutrition*. 2022;101:111710. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111710>.

[10.1016/j.nut.2022.111710](https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111710).

41. Ferreira DS, Bertachini DL, Negreiros Filho L, Ferreira RCV. Metabolismo da frutose e a sua relação com a síndrome metabólica e esteatose hepática não alcoólica. *Revista Saúde UniToledo*. 2018;2(1):93-103. Português.

42. Muñoz R, Tor M, Estany J. Relationship between blood lipid indicators and fat content and composition in Duroc pigs. *Livestock Science*. 2012;148(1-2):95-102. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.05.015>.

43. Bertol TM. Estratégias nutricionais para melhoria da qualidade da carne suína. Brasília: Embrapa; 2019. 296p. Português. (<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1115146>)

44. Praagman J, Jonge EA, Kiefte-de Jong JC, Beulens JW, Sluijs I, Schoufour JD, Hofman A, van der Schouw YT, Franco OH. Dietary saturated fatty acids and coronary heart disease risk in a dutch middle-aged and elderly population. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2016;36(9):2011-2018. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.116.307578>.

45. Zong G, Li Y, Wanders A, Alsema M, Zock P, Willett W, Hu F, Sun, Q. Intake of individual saturated fatty acids and risk of coronary heart disease in US men and women: Two prospective longitudinal cohort studies. *The British Medical Journal*. 2016;355:i5796. <https://doi.org/10.1136/bmj.i5796>.

46. Alonso V, Muela E, Gutiérrez B, Calanche JB, Roncalés P, Beltrán JA. The inclusion of Duroc breed in maternal line affects pork quality and fatty acid profile. *Meat Science*. 2015; 107:49-56. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.011>.

47. Huerta-Yépez S, Tirado-Rodríguez AB, Hankinson O. Role of diets rich in omega-3 and omega-6 in the development of cancer. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*. 2016; 73(6):446-456. <https://doi.org/10.1016/j.bmhmx.2016.11.001>.

48. Chen J, Liu H. Nutritional indices for assessing fatty acids: a mini-review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21: 5695. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>.

49. Kasprzyk A, Tyra M, Babicz M. Fatty acid profile of pork from a local and a commercial breed. *Archives Animal Breeding*; 21015; 58: 379-385. <https://doi.org/10.5194/aab-58-379-2015>.

50. Costa RG, Santos NM, Queiroga RCRE, Sousa WH, Madruga MS, Cartaxo FQ. Physicochemical characteristics and fatty acid profile of meat from lambs with different genotypes and diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2015; 44(7): 248-254. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000700003>.