

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

HEITOR FERNANDO CAETANO DE ÁVILA

**EFEITO DO CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO DA CARNE SUÍNA NA
CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DOS CORTES COPA E BARRIGA**

UBERLÂNDIA - MG

2024

HEITOR FERNANDO CAETANO DE ÁVILA

**EFEITO DO CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO DA CARNE SUÍNA NA
CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DOS CORTES COPA E BARRIGA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Medicina veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Robson Carlos Antunes

UBERLÂNDIA

2024

HEITOR FERNANDO CAETANO DE ÁVILA

**EFEITO DO CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO DA CARNE SUÍNA NA
CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DOS CORTES COPA E BARRIGA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Medicina veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Robson Carlos Antunes

Uberlândia, 21 de novembro de 2024

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Robson Carlos Antunes

Profª. Dra. Ana Luísa Neves Alvarenga Dias

M.V. Luiza Braz Mendes

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de trilhar esta jornada, concedendo-me força, sabedoria e serenidade para enfrentar quaisquer obstáculos.

À minha família, agradeço por ser meu lar, meu conforto, meu carinho e meu alicerce em todas as etapas da minha vida.

Ao professor Robson Carlos Antunes, sou grato por todas as oportunidades concedidas, desde a iniciação científica até os estágios, pela orientação, paciência e pelos ensinamentos compartilhados.

À professora Ana Luísa Neves Alvarenga Dias, agradeço pelo acolhimento junto ao Grupo de Estudos em Suinocultura - UFUPORK, por ser uma grande mentora durante minha graduação, pela orientação, direcionamentos e por compartilhar tantos ensinamentos em cada um de nossos encontros.

À CONAVET - Consultoria e Assistência Veterinária, agradeço por ser um divisor de águas em minha graduação. Todas as experiências vividas foram fundamentais para minha formação profissional.

Aos meus amigos, agradeço por tornarem minha vida mais leve e por me mostrarem, todos os dias, que juntos somos melhores.

À Universidade Federal de Uberlândia, agradeço por ser minha segunda casa, por dispor de um corpo docente excepcional e por formar o profissional que me tornei. Agradeço também ao CNPq, cujo apoio tornou este trabalho possível.

Espero que este trabalho contribua para a produção de proteína suína e para o fornecimento de proteína animal de qualidade e acessível a todos os consumidores.

RESUMO

A carne suína brasileira tem se destacado de forma crescente no mercado internacional ao longo dos anos, colocando o Brasil como o quarto maior exportador a nível mundial. A capacidade de retenção de água (CRA) é um atributo importante para avaliar a qualidade da carne suína que chega às prateleiras, estando intimamente relacionada a aspectos como cor, suculência, atratividade visual na embalagem e rendimento na produção de alimentos processados pela indústria alimentícia. O congelamento é um método comum para conservar a carne suína e uma importante ferramenta para o comércio de carne a nível nacional e internacional. Com os consumidores cada vez mais seletivos e considerando que o aspecto sensorial desempenha um papel fundamental na decisão de compra, tornam-se necessários estudos que visem aprimorar e avaliar as formas de armazenamento da carne que impactam diretamente em suas qualidades sensoriais, bem como no rendimento na produção de alimentos processados. Portanto, neste trabalho, objetivou-se avaliar e refletir sobre o impacto do congelamento durante os períodos de 7 dias, 30 dias e 60 dias nos cortes de copa (músculo longissimus cervicis) e barriga (músculo reto e oblíquo do abdômen). Foram utilizadas amostras dos cortes de copa e barriga de 60 carcaças, nas quais foram mensuradas a capacidade de retenção de água a fresco e após os períodos de congelamento de 7, 30 e 60 dias. A capacidade de retenção de água foi determinada pelo método de compressão. Foram geradas equações de regressão simples para estimar a CRA em função do tempo de congelamento. A influência do tempo de congelamento sobre a capacidade de retenção de água (CRA) foi significativa, explicando 84,42% da variação no corte copa e 58,57% no corte barriga.

Palavras-chave: Conservação da carne suína; Qualidade da carne suína; Tecnologia de carnes.

ABSTRACT

Brazilian pork has increasingly stood out in the international market over the years, positioning the country as the fourth-largest exporter worldwide. Water-holding capacity (WHC) is a crucial attribute for assessing the quality of pork available on shelves, as it is closely related to factors such as color, juiciness, visual appeal in packaging, and yield in processed food production within the food industry. Freezing is a common method for preserving pork and a vital tool for national and international meat trade. With consumers becoming increasingly selective and considering that sensory aspects play a fundamental role in purchasing decisions, studies aiming to enhance and evaluate meat storage methods that directly affect sensory qualities and processed food yield are essential. Therefore, this study aimed to evaluate and analyze the impact of freezing over 7, 30, and 60 days on collar cuts (longissimus cervicis muscle) and belly (rectus and oblique abdominal muscles) cuts. Samples from 60 carcasses were used, with the WHC measured both fresh and after freezing periods of 7, 30, and 60 days. Water-holding capacity was determined using the compression method. Simple regression equations were generated to estimate WHC as a function of freezing time. The influence of freezing time on WHC was significant, explaining 84.42% of the variation in collar cuts and 58.57% in pork belly.

Keywords: Meat technology; Pork conservation; Pork quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Organização geral do músculo.....	12
Figura 2	Pesagem das amostras coletadas no entreposto.....	17
Figura 3	Amostras acondicionadas no papel filtro para execução do método de compressão.....	17
Figura 4	Amostras de duas carcaças sendo preparadas para prensagem no papel filtro.....	18
Figura 5	Amostra prensada e com a área da carne delimitada com uso de caneta.	18
Figura 6	Interface do software utilizado para mensuração da área da carne e a área do exsudato formado durante a compressão.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal da carne de diferentes espécies.....	13
Tabela 2 - Influência do tempo de congelamento na capacidade de retenção de água de carne suína nos cortes copa e barriga.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVO.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1) Estrutura e composição da carne suína.....	11
3.2) Capacidade de retenção de água da carne suína.....	13
3.3) Congelamento da carne suína.....	15
3.4) Impacto do estresse na carne suína.....	15
4. METODOLOGIA.....	16
4.1) Coleta das amostras de carne suína.....	16
4.2) Mensuração da capacidade de retenção de água.....	18
4.3) Análise no software ImageJ.....	19
5. ANÁLISE DE DADOS.....	19
6. RESULTADOS.....	20
7. DISCUSSÃO.....	20
8. CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca entre os cinco maiores produtores e exportadores de carne suína, tendo, no ano de 2023, um valor bruto de 5,1 milhões de toneladas de carne suína produzida, sendo 89,06% desse valor sendo destinado para a exportação (ABPA,2024). Ainda de acordo com a ABPA, 91,50% da carne suína brasileira exportada no ano de 2023 foi direcionada em forma de cortes, como a copa (músculo *longissimus cervicis*) e barriga (músculo reto do abdômen e oblíquo externo do abdômen), atendendo grandes mercados, enfatizando os três principais, Ásia, América e África, como maiores consumidores, de maior para menor, respectivamente.

A partir do ano de 1980, com a grande popularização e expansão das redes de super e hipermercados, o consumo de carne suína aumentou exponencialmente, principalmente devido ao desenvolvimento de novas embalagens para transporte e conservação de porções resfriadas e congeladas (Marchi, 2001). No momento da compra, a maioria dos consumidores utilizam de sinais extrínsecos, como cor, marmoreio, quantidade de gordura, presença de exsudato no interior da embalagem e preço para determinar quais produtos cárneos consumir, além das predisposições relacionadas às características demográficas de cada consumidor (Garmyn, 2020).

Um dos principais aspectos críticos da indústria está relacionado à forma de como a carne é conservada até sua utilização final, sendo o congelamento o método mais recomendado, por ser o processo de conservação mais eficiente para manter a qualidade da carne, resultando em alterações mínimas nas propriedades qualitativas e sensoriais da comida (Hendrick et al., 1989). O congelamento é um método comum para conservar a carne suína e uma importante ferramenta da suinocultura industrial, a fim de facilitar o comércio da carne suína, sendo capaz de preservar as propriedades originais da carne, desde que o controle sobre o declínio da temperatura na execução do congelamento seja feito de maneira correta, bem como no processo de descongelamento (Lawrie e Ledward, 2014).

As propriedades tecnológicas da carne suína e sua adequação para ser processada em diferentes produtos são extremamente importantes, pois a maior parte da carne suína é consumida em forma de produtos processados e a principal propriedade tecnológica é a capacidade de retenção de água, pois está intimamente associada ao rendimento da produção (Lebret e Čandek-Potokar, 2022). Assim, torna-se extremamente importante a elaboração de

estudos que mensuram o impacto do processamento da carne suína na capacidade de retenção de água.

2. OBJETIVO

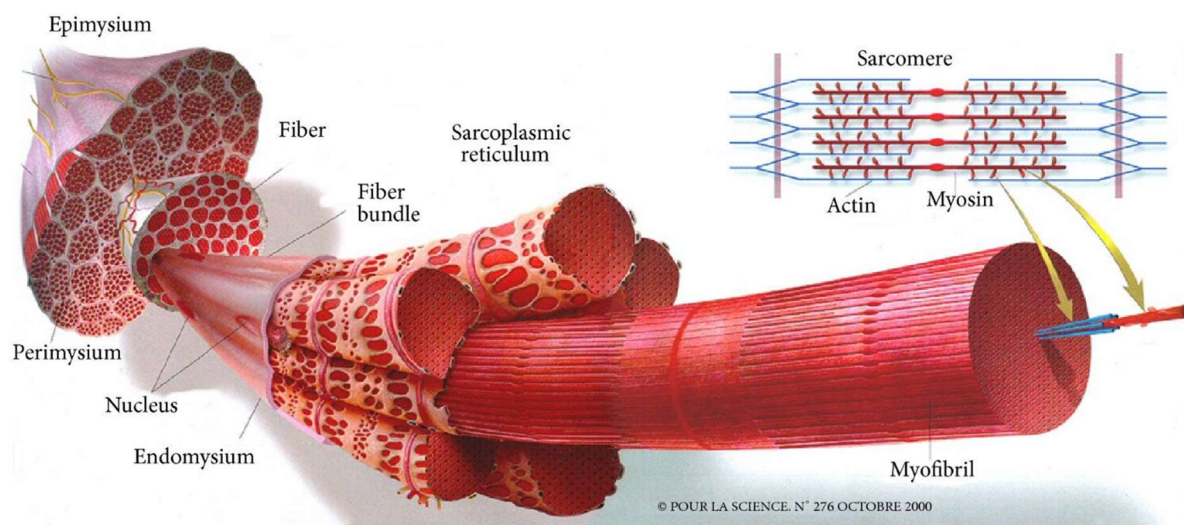
Com esse estudo objetivou-se analisar, de forma separada, a diferença na capacidade de retenção de água dos cortes suínos copa e barriga, comparando amostras frescas e congeladas em diferentes períodos de armazenamento (7, 30 e 60 dias), utilizando a técnica de compressão descrita por Grau e Hamm em 1953.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Estrutura e composição da carne suína

A carne é um produto do músculo estriado esquelético, estrutura composta por um conjunto de fibras celulares envolvidas por tecido conjuntivo (Pearce et al., 2011). O sarcômero é a unidade contrátil do músculo, localizado dentro das miofibrilas, que ocupam quase todo o volume intracelular da fibra muscular. Sua função contrátil é executada pelas proteínas actina e miosina que, ao interagirem, geram força e movimento. A actina é um filamento que durante a contração do músculo estriado, serve como local de ancoragem para as cabeças das miosinas se liguem e realizem o deslizamento. Cada fibra muscular é envolvida pelo endomísio, uma camada de tecido conjuntivo. O perimísio organiza as fibras musculares em feixes, enquanto o epimísio forma o revestimento externo que envolve todo o músculo (Pearce et al., 2011; Listrat et al., 2016).

Figura 1 – Organização geral do músculo



Tradução dos termos em inglês: Epimysium - Epimísio, Perimysium - Perimísio, Endomysium - Endomísio, Fiber - Fibra, Fiber bundle - Feixe de fibras, Sarcoplasmic reticulum - Reticulo sarcoplasmático, Myofibril - Miofibrila, Sarcomere - Sarcômero, Actin - Actina, Myosin - Miosina.

Fonte: Andersen et al., 2000.

A água no músculo está presente de três formas: água ligada (integrada às proteínas), água livre e água capilar (localizada entre as fibras musculares). Ela é um fator fundamental para que as reações biológicas ocorram no tecido muscular e, conseqüentemente, na carne suína, que contém cerca de 75% de água em peso (Roça, 2009). Devido à expressiva quantidade de água, é certo que variações nessa proporção impactarão a qualidade do produto final.

As proteínas miofibrilares representam 52% a 56% das proteínas musculares, tendo grande influência sobre a capacidade de retenção de água da carne (Sgarbieri, 1996). Esse grupo de proteínas são compostos pela miosina, actina, proteína C, proteína M, tropomiosina e juntas formam os miofilamentos grossos e finos que constituem a miofibrila, responsável pela contração muscular (Alves, 2005).

Em geral, a gordura reservada no tecido muscular está localizada em vários locais do meio intracelular e extracelular, como ao redor e dentro do músculo (Listrat et al., 2016). Tem-se estabelecido que a gordura intramuscular tem maior impacto na qualidade da carne, vide que a gordura extracelular da carne suína, aquela que recobre o tecido muscular, na maioria das vezes é retirada do produto para elaboração de outros produtos e também atender às demandas do consumidor da carne suína *in natura*.

Tabela 1.

Composição centesimal da carne de diferentes espécies

Carne	Composição Centesimal			
	Água	Proteína	Gordura	Minerais
Suína	75,1	22,8	1,2	1,0
Bovina	75,0	22,3	1,8	1,2
Frango (peito)	75,0	22,8	0,9	1,2

Fonte: Adaptado de Torres et al., 2000.

A carne suína e seus derivados possuem um papel fundamental no fornecimento de proteína de qualidade (De Smet e Vossen, 2016). Além da proteína de alto valor biológico, os produtos cárneos são uma rica fonte de ácidos graxos de cadeia longa, microminerais essenciais, micronutrientes e vitaminas (Rooke et al., 2010).

3.2 Capacidade de retenção de água da carne suína

A capacidade de retenção de água da carne pode ser definida como a capacidade da carne em reter sua água inerente durante o seu processamento, seja ele o congelamento, cozimento, prensagem, moagem, embalagem, corte e cura (Hamm, 1961). A água liberada pela carne durante o processamento pode ser descrita de várias maneiras, mais popularmente como gotejamento, choro, exsudato ou perda pelo cozimento, atribuição inversamente proporcional à capacidade de retenção de água (Warner, 2014). A carne suína possui em grande parte de sua composição a água, tendo 75% da composição de alguns cortes, além de estar diretamente relacionada à sua cor, sabor, suculência e textura, tornando a capacidade de retenção de água um bom atributo para indicar seus parâmetros de qualidade (Gunenc, 2008; Lebret e Čandek-Potokar, 2022).

Atributos relacionados à qualidade da carne suína, como a capacidade de retenção de água, vêm sendo afetadas negativamente pela seleção genética para eficiência na produção de carne magra, devido a relações genéticas desfavoráveis entre essas características (Ciobanu et al., 2011). Estudos mostram que mutações nos genes RYR1 e PRKAG3 podem levar a produção de carnes menos atrativas, característica de cores pálidas, exsudativa, macia e ácida, prejudicando diretamente a capacidade de retenção de água, principalmente se ambos estiverem presentes no genótipo do animal (Škrlep et al., 2010). Quanto a diferenças raciais, também é relatado diferenças significativas na capacidade de retenção de água da carne, dando destaque

para o Duroc apresentando maior capacidade de retenção de água e menos carne magra em comparação a outras raças como Pietrain, Large White e Landrace (Ciobanu et al., 2011). O sexo do animal não apresenta influência significativa nas características tecnológicas da carne suína, mesmo na capacidade de retenção de água (Pauly et al., 2012).

Quando se trata da influência da nutrição de suínos na capacidade de retenção de água da carne suína, há estratégias que mostraram ser eficazes e mostraram melhora no produto final. A alimentação estratégica com redução de carboidratos digestíveis algumas semanas antes do abate reduz os estoques de glicogênio muscular, amenizando o declínio do pH *post mortem*. A suplementação dietética de vitamina E na capacidade de retenção de água da carne suína também apresentou uma possibilidade de melhorar a qualidade da carne suína, modulando o *status* antioxidante do tecido muscular através da nutrição (Rosenvold e Andersen, 2003).

A capacidade de retenção de água pode ser obtida por meio do método de compressão (Grau e Hamm, 1953), dividindo-se a área da carne após a compressão pela soma da área de líquido extravasado da carne e a área interna da mesma. Quando o valor resultante é superior a 0,60, trata-se de carne DFD (Dark, Firm and Dry), caracterizada por uma alta capacidade de retenção de água, porém com uma vida útil reduzida em prateleira. Resultados na faixa de 0,35 a 0,40 indicam carnes RSE (Red, Soft and Exsudative) ou com tendências a PSE (Pale, Soft and Exsudative). Carne com uma capacidade de retenção de água muito baixa não é adequada para o processamento de produtos cozidos e tende a sofrer mais impacto no congelamento. Resultados abaixo de 0,35 sugerem carnes com o perfil PSE clássico. As carnes desejáveis, consideradas normais e denominadas de carnes RFN (Red, Firm and Normal), são aquelas em que o resultado da divisão das áreas fica entre 0,40 e 0,60 (Grau e Hamm, 1953; Prata e Fukuda, 2001).

Há outros métodos que podem ser utilizados para mensurar a capacidade de retenção de água da carne suína, através do peso da amostra (Katoh, 1981) e do gotejamento (Honikel, 1987). O método de compressão pode ser considerado com o método mais simples em termos de experimentação e que apresenta maior correlação com a perda de água da carne (Van Oeckel, 1999). Entretanto, devido ao seu grande esforço manual para execução, torna-se um método dispendioso, demorado e sujeito a falhas da mão-de-obra que o está executando (Cornet et al., 2021).

3.3 Congelamento da carne suína

O congelamento é o método mais aplicado para preservação da carne suína e uma importante ferramenta utilizada nos processos logísticos do comércio da carne, preservando suas propriedades organolépticas, desde que o armazenamento congelado e descongelamento do produto sejam executados de maneira adequada (Lawrie e Ledward, 2014). Após o abate, as condições de refrigeração e congelamento da carcaça do animal ou seus cortes e a duração desse processo são de grande influência para a cor, maciez da carne suína e também para o seu sabor (Lebret e Čandek-Potokar, 2022).

Vários fatores são importantes durante o congelamento da carne, principalmente relacionados à velocidade do congelamento e variações na temperatura durante o período de armazenamento (Ladikos e Lougovi, 1990). Dentre os danos que podem ser causados durante o congelamento da carne suína, podemos listar a ruptura da estrutura celular pelos cristais de gelo e aumento da perda por gotejamento, além de que a conservação incorreta da carne favorece a degradação e desnaturação de proteínas, aumento de atividades enzimáticas, desencadeamento dos processos de oxidação de suas estruturas celulares e deterioração microbiana (Shafiur, 2007).

Em geral, há um consenso na literatura científica de que o processo de congelamento e o armazenamento congelado, bem como o processo de descongelamento contribuem para uma diminuição da capacidade de retenção de água da carne (Leygonie et al., 2012). Além disso, também é descrito que o descongelamento feito de maneira lenta favorece a capacidade de retenção de água da carne, deixando uma maior janela para que água ligue novamente às proteínas da carne (Gonzalez-Sanguinetti et al., 1985).

3.4 Impacto do estresse na qualidade da carne suína

O sistema de manejo ao qual o suíno é submetido ao longo de sua vida possui influência direta na qualidade de sua carne, especialmente em situações críticas que resultam em considerável estresse ao animal, como no processo de embarque, transporte e desembarque (Rosenvold e Andersen, 2003; Terlouw et al., 2021). O estresse pode ser definido como o estado emocional negativo do animal em resposta a uma ameaça real ou imaginária, associada a um conjunto de reações comportamentais e fisiológicas (Terlouw et al., 2016). Muitos trabalhos abordam questões relacionadas às emoções do animal ao longo da vida como fator de mensuração da qualidade de vida e conseqüentemente sua condição de bem-estar, principalmente considerando fatores sobre como o animal interpreta a situação em que se

encontra, fadiga, dor, presença de humanos desconhecidos, separação de membros do grupo de criação, dentre outros (Bekoff, 2000; Boissy, 2007).

A qualidade da carne sempre deve estar disposta a atender as necessidades do consumidor e suas predileções por alimentos com determinadas características, produzindo constantemente e, de maneira eficiente, produtos saborosos, seguros, saudáveis e que garantam o consumo em crescimento contínuo no futuro (Joo et al., 2013). Junto a isso, o impacto no metabolismo *post-mortem* é um tópico amplamente pesquisado e que também trouxe diversos avanços científicos e tecnológicos que levaram à melhoria do bem-estar animal, das estratégias de alimentação, dos processos de abate e resultaram no desenvolvimento de uma melhor qualidade da carne para o consumidor (England, 2013).

O estresse pré-abate influencia diretamente a capacidade de retenção de água da carne, devido aos estímulos fisiológicos que ele provoca. Esse estresse altera o pH da carne, um fator determinante na capacidade de retenção de água, ao interferir na conversão do glicogênio em ácido lático (D'Souza et al., 1995; Van Der Wal et al., 1999). Animais submetidos a estresse prolongado antes do abate, como em situações de brigas entre indivíduos de diferentes origens, podem esgotar seu glicogênio muscular, resultando em um pH elevado no músculo e carne com características DFD (dark, firm, and dry) (Lee et al., 2000). Já o estresse intenso e breve antes do abate, induz uma queda acentuada do pH muscular, gerando carne com características PSE (pale, soft, and exudative) (Kauffman et al., 1993). Em ambos os casos, seja PSE ou DFD, a carne apresenta características sensoriais indesejáveis e propriedades tecnológicas prejudicadas, o que afeta negativamente a experiência do consumidor e o aproveitamento do produto na indústria de alimentos (Lee et al., 2000).

4. METODOLOGIA

4.1) Colheita das amostras de carne

Em um entreposto de distribuição de cortes de carcaças suínas situado no município de Uberlândia, foram coletadas amostras de 60 carcaças suínas, em 3 dias de coletas, coletando-se 20 carcaças por dia de coleta, sempre da meia carcaça esquerda, utilizando um bisturi. Considerando que diversos fatores ao longo da vida do suíno têm influência direta na qualidade da carne do animal, torna-se fundamental que essa análise seja feita de maneira individual para cada animal, sempre utilizando a meia carcaça esquerda. Foram obtidas quatro amostras de

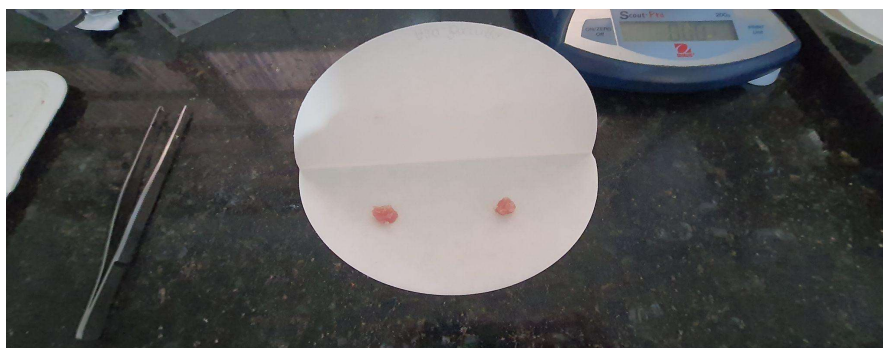
cerca de 2 cm³ do centro da copa (músculo longissimus cervicis) e da carne de barriga (músculo reto do abdômen e oblíquo externo do abdômen). Uma amostra para cada tempo de mensuração da capacidade de retenção de água do músculo de cada carcaça. As amostras foram coletadas através de incisões no sentido medial e a retirada da carne com o auxílio de uma pinça anatômica. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos *ziplock*, devidamente identificadas, e transportadas para o Laboratório de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal da UFU, localizado no bloco 2D do Campus Umuarama, em caixas isotérmicas com gelo reciclável para manter a temperatura interna entre 4 e 8 graus Celsius. A refrigeração foi realizada na geladeira do laboratório, enquanto o congelamento foi feito no congelador da mesma geladeira. De acordo com as especificações do fabricante, a faixa de temperatura no compartimento de refrigeração varia entre 0°C e 4°C, enquanto a faixa de congelamento está entre -18°C e -26°C.

Figura 2 – Pesagem das amostras coletadas no entreposto.



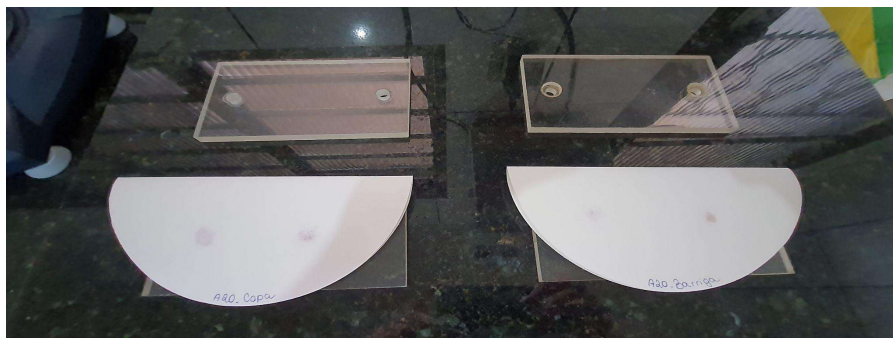
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 3 – Amostras acondicionadas no papel filtro para execução do método de compressão.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 4 – Amostras de duas carcaças sendo preparadas para prensagem no papel filtro.

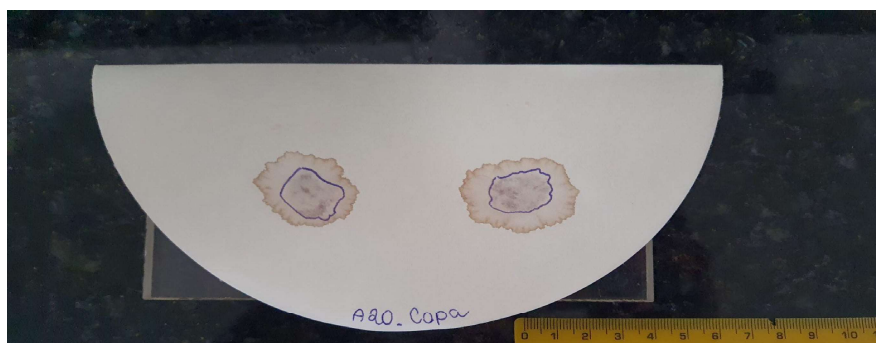


Fonte: Arquivo pessoal.

4.2) Mensuração da capacidade de Retenção de Água (CRA)

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) foi determinada em quatro momentos distintos: após 24 horas em refrigeração, 7 dias após o congelamento, 30 dias após o congelamento e 60 dias após o congelamento. Para isso, foi empregada a metodologia desenvolvida por Grau e Hamm em 1953. As amostras de carnes que serão submetidas à experimentação à fresco, foram manejadas 24 horas após sua chegada no laboratório. As que serão submetidas à experimentação depois de um período sob congelamento, foram retiradas do congelador e submetidas à refrigeração por 12 horas antes do horário de experimentação, deixando-a sem nenhuma característica de congelamento. A metodologia empregada para a mensuração da capacidade de retenção de água envolve a compressão de uma amostra de carne de peso padronizado, 0,5 gramas, entre dois papéis filtro de gramatura conhecida e umidade padronizada, por cinco minutos. A capacidade de retenção de água foi calculada dividindo-se a área delimitada pela carne após a compressão pela soma da área do líquido extravasado da carne e da área delimitada pela carne.

Figura 5 – Amostra prensada e com a área da carne delimitada com uso de caneta.

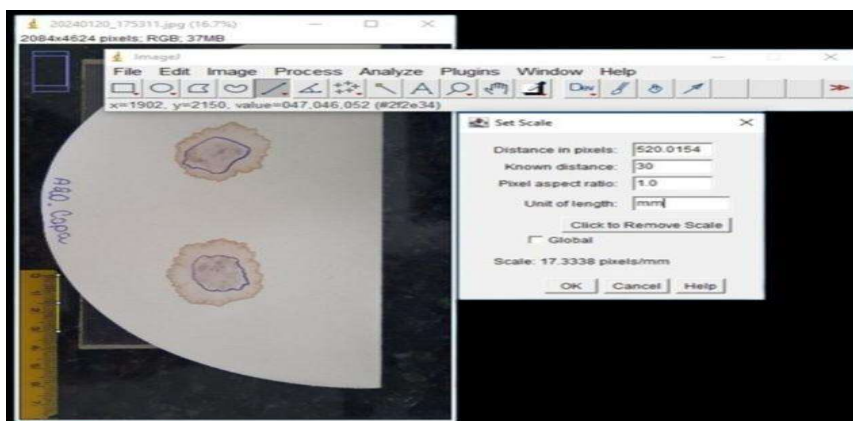


Fonte: Arquivo pessoal.

4.3) Análise das imagens

Após a compressão, as áreas delimitadas de carne foram marcadas com uma caneta e tem-se o aspecto visual do líquido extravasado marcadas no papel filtro. Assim, torna-se possível a mensuração das áreas utilizando o software Image J, versão 1.37.

Figura 6 – Interface do software utilizado para mensuração da área da carne e a área do exsudato formado durante a compressão.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os dados obtidos foram registrados em planilhas, sendo possível realizar o cálculo numérico da capacidade de retenção de água, submetidos a análise estatística e verificada a normalidade da distribuição dos dados.

5. ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos apresentaram uma distribuição normal, o que permitiu a aplicação de uma regressão simples, com a capacidade de retenção de água sendo considerada a variável dependente e o tempo de congelamento a variável independente. As análises foram feitas no R (R Core Draw, 2024). As carcaças foram utilizadas como blocos, a fim de controlar a variabilidade entre os diferentes indivíduos. O programa utilizado Na análise de regressão, Y representou a capacidade de retenção de água, enquanto X foi o tempo de congelamento. A significância dos coeficientes das equações (b_0 e b_1) foram avaliados, sendo considerados significativos, quando $p < 0,05$.

6. RESULTADOS

A análise de regressão linear simples gerou as seguintes equações com seus respectivos coeficientes de determinação: $y=0,4348x-0,0012t$ ($r^2=0,8442$) para copa e $y=0,3948x-0,011t$ ($r^2=0,5857$) para barriga. O tempo de congelamento foi utilizado como variável independente, enquanto a capacidade de retenção de água da carne, de cada amostra, foi considerada a variável dependente.

O coeficiente de determinação (r^2) foi utilizado para quantificar a influência do tempo de congelamento sobre a capacidade de retenção de água da carne. Para a copa (*longissimus cervicis*), o valor de r^2 foi de 84,42%, indicando que 84,42% das variações observadas na capacidade de retenção de água podem ser explicadas pelo tempo de congelamento, conforme a equação ajustada. Para a barriga (músculo reto do abdômen e oblíquo do abdômen), o valor de r^2 foi de 58,57%, o que sugere que 58,57% das variações observadas na capacidade de retenção de água da carne suína podem ser explicadas pelo tempo de congelamento, conforme a equação ajustada.

Tabela 2

Influência do tempo de congelamento na capacidade de retenção de água de carne suína nos cortes copa e barriga.

	b0 (p-valor)	b1 (p-valor)	equações (r^2)
CRA* - COPA	0,4348 (0,001)	-0,0012 (0,001)	$y=0,4348x-0,0012t^{**}$ (0,8442)
CRA* - BARRIGA	0,3948 (0,001)	-0,0012 (0,001)	$y=0,3948x - 0,011t^{**}$ (0,5857)

Tabela representando os valores de coeficiente de determinação (r^2) obtidos a partir da regressão linear, indicando a proporção de variação na capacidade de retenção de água entre os cortes copa e barriga, explicada pelo tempo de congelamento

*CRA: Capacidade de retenção água dos cortes de carne suína.

** t deve possuir valor máximo de 60, tempo máximo de congelamento executado pelo trabalho.

7. DISCUSSÃO

Com o aumento da intensificação nos sistemas de produção animal, especialmente na suinocultura industrial brasileira, a competitividade da carne suína no mercado internacional tem gerado uma demanda crescente por métodos de produção mais eficientes e sustentáveis. Nesse contexto, o melhoramento genético animal, com foco em atributos intimamente relacionados à qualidade da carne, deve ser direcionado para atender às exigências dos

consumidores. Além disso, é necessário otimizar os processos logísticos da carne exportada, que atualmente dependem majoritariamente de métodos de conservação como congelamento e resfriamento, tendo o objetivo de minimizar os impactos negativos na qualidade final do produto.

Alguns países já demonstram interesse em importar carne suína de países mais próximos, evitando que o produto, ao longo do transporte até seu destino final, passe pelo processo de congelamento, utilizando apenas o resfriamento. Embora essa escolha seja mais onerosa, ela permite que o país importador receba uma carne de melhor qualidade, com menor perda de água e atributos sensoriais valorizados pela maioria dos consumidores, como suculência, maciez e uma cor mais avermelhada (Eadie, 2024).

Como mencionado no relatório anual de 2024 da Associação Brasileira de Proteína Animal, as principais regiões importadoras de carne suína brasileira são a Ásia, América e África, com participações de 67,04%, 19,77% e 8,34%, respectivamente. No cenário global, a carne suína brasileira lidera o mercado de exportação de carne congelada, que representa aproximadamente 32% do mercado mundial desse produto, totalizando cerca de 1,08 bilhão de toneladas e gerando uma receita de 2,6 bilhões de dólares em 2023 (Deral Informativos Atuais, 2024).

A carne congelada é geralmente transportada em contêineres via navios, um método menos oneroso. No entanto, devido ao maior tempo de viagem, esse método pode gerar impactos negativos na qualidade da carne que chega às prateleiras. Assim, ao comparar a capacidade de retenção de água de cortes de carne fresca do mesmo animal, em períodos de congelamento de 7, 30 e 60 dias, busca-se replicar os tempos logísticos encontrados no campo, aproximando-se ao máximo do impacto real que essa carne tem ao chegar ao prato do consumidor.

A execução da metodologia preservando todos os parâmetros necessários para uma correta e precisa mensuração na capacidade de retenção de água das amostras coletadas depende de um treinamento correto para a experimentação e a verificação dos materiais utilizados para garantir a qualidade dos dados oferecidos. Esse processo inicia desde a elaboração do projeto, sua justificativa e seus pontos críticos de controle, até à análise e mensuração dos dados.

É necessário elencar pontos críticos que são fundamentais para garantir o sucesso na execução do trabalho, primeiro no processo de resfriamento da carne que será analisada a fresco

e a que será congelada no laboratório em seus diferentes períodos de tempo. Sabe-se que a faixa de temperatura em que a carne está sendo conservada pode levar a alterações em suas características sensoriais, principalmente devido a liberação de exsudato, caso perca temperatura. O mesmo deve ser levado com cautela no momento da experimentação, onde as últimas amostras apresentam temperatura ligeiramente menor das que as primeiras durante o processamento.

Sabe-se que a faixa de temperatura e o controle de suas variações minimizam possíveis alterações na perda de água da carne e, conseqüentemente, na redução da qualidade de seus atributos sensoriais e nutricionais (Dima et al., 2014; Huang et al., 2015). A temperatura em que a carne é mantida congelada pode permitir que uma quantidade de água dentro de suas estruturas não congele, ficando disponível para reações químicas. Estudos mostram que a temperatura ideal para o armazenamento de carne congelada é de -40°C , na qual há uma porcentagem mínima de água não congelada no produto. No entanto, essa temperatura demanda aparelhagem robusta e torna o processo oneroso para a manutenção do produto nessa condição sugerida (Estevez, 2011; Leygonie et al., 2012).

O cansaço dos pesquisadores durante o processamento das amostras é um fator crítico que pode levar a erros durante a experimentação. Infelizmente, as metodologias empregadas dependem de trabalho manual e, dependendo da quantidade de amostras, envolvem o gasto de várias horas, tornando o trabalho oneroso para a equipe, mesmo que bem treinada. Estudos recentes sugerem o desenvolvimento de tecnologias de automação para tornar a mensuração da capacidade de retenção de água da carne um processo mais econômico e menos demorado (De Sousa Reis et al., 2023).

De acordo com os resultados encontrados na análise estatística, para o corte copa, 84,42% da variação observada na capacidade de retenção de água da carne pode ser explicada pelo congelamento, enquanto 58,57%, para o corte barriga. Apesar de serem valores significativos para os dois cortes, abre-se margem para discutir quais outros fatores também impactam a capacidade de retenção de água da carne suína.

8. CONCLUSÃO

A influência do tempo de congelamento sobre a capacidade de retenção de água (CRA) foi significativa, explicando 84,42% da variação no corte copa e 58,57% no corte barriga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Relatório Anual 2024.
- ALVES, Dorismar David et al. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science**, v. 6, n. 3, p. 135-149, 2005.
- ANDERSEN J., Schjerling P., Saltin B. Dossier: sport et muscle—muscle, gènes et performances. **Pour la Science**. 2000;276
- BEKOFF, Marc. Animal Emotions Exploring Passionate Natures Current interdisciplinary research provides compelling evidence that many animals experience such emotions as joy, fear, love, despair, and grief—we are not alone. **BioScience**, v. 50, n. 10, p. 861-870, 2000.
- BOISSY, Alain et al. Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. **Physiology & behavior**, v. 92, n. 3, p. 375-397, 2007.
- CIOBANU, Daniel C. et al. Genetics of meat quality and carcass traits. **The genetics of the pig**, v. 2, p. 355-389, 2011.
- CORNET, Steven HV et al. Enhancing the water holding capacity of model meat analogues through marinade composition. **Journal of Food Engineering**, v. 290, p. 110283, 2021.
- De Smet S and Vossen E. Meat: The balance between nutrition and health. A review. **Meat science**. 2016; 120: 145-56.
- DE SOUSA REIS, Vinicius Clemente et al. Measuring water holding capacity in pork meat images using deep learning. **Meat Science**, v. 200, p. 109159, 2023.
- D'SOUZA, D.N.; ELDRIDGE, G.A.; WARNER, R.D.; LEURY, B.J.; DUNSHEA, F.R. The effects of adverse handling of pigs on farm and at the abattoir on meat quality. In: HENNESSY, D.P.; CRANWELL, P.D. **Manipulating pig production V**. 1995. p. 258.
- DERAL INFORMATIVOS ATUAIS. Conjuntura - Boletim Semanal 17/2024. **Secretaria da agricultura e do abastecimento do governo do estado do Paraná**. 25 abril 2024. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2024-04/boletim_semanal_17_deral_25_abr_24.pdf. Acesso em: 24 setembro 2024.
- DIMA JB, Santos MV, Baron PJ, Califano A and Zaritzky NE. Experimental study and numerical modeling of the freezing process of marine products. **Food and Bioproducts Processing**. 2014; 92: 54-66.

- ESTEVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: a review. **Meat science**. 2011; 89: 259-79.
- EADIE, Jim. **Jim Long Pork Commentary**. Road Trip Week 3 – Japan, September 23rd 2024. 23 setembro 2024. Disponível em: <https://www.swineweb.com/jim-long-commentary/jim-long-pork-commentary-road-trip-week-3-japan-september-23rd-2024/>. Acesso em: 24 setembro 2024
- ENGLAND EM, Scheffler TL, Kasten SC, Matarneh SK, Gerrard DE. Exploring the unknowns involved in the transformation of muscle to meat. **Meat Science**. 2013 Dec;95(4):837-43. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.04.031. Epub 2013 Apr 23. PMID: 23673227.
- GARMYN, Andrea. Consumer preferences and acceptance of meat products. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 708, 2020.
- GONZALEZ-SANGUINETTI, S.; ANON, M. C.; CALVELO, A. Effect of thawing rate on the exudate production of frozen beef. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 3, p. 697-700, 1985.
- GRAU, R.; HAMM, R. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. **Fleischwirtschaft, Frankfurt**, v.4, p.295-297, 1953.
- GUNENC, Aynur. Evaluation of pork meat quality by using water holding capacity and vis-spectroscopy. 2008.
- HAMM, Reiner. Biochemistry of meat hydration. In: *Advances in food research*. **Academic Press**, 1961. p. 355-463.
- HENDRICK et al., 1989. HB Hendrick , ED Aberle , JC Forrest , MD Judge , RA Merkel. Principles of meat science. **Kendall/Hunt Publishing Company**, 1989.
- HONIKEL, K. O. How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs: A Seminar in the CEC Agricultural Research Programme, held in Dublin, Ireland, 21-22 November 1985*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1987. p. 129-142.
- HUANG L, Liu Q, Xia X, Kong B and Xiong YL. Oxidative changes and weakened gelling ability of salt-extracted protein are responsible for textural losses in dumpling meat fillings during frozen storage. **Food Chem**. 2015; 185: 459-69.
- JOO, ST et al. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v.95, n.4, p.828-836, 2013.

- KATOH, Keisuke. An improved method for determining water holding capacity of meat. **Japan Animal Society Science Report**, v. 52, n. 2, p. 139-141, 1981.
- KAUFFMAN, R. G. et al. The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality. **Meat Science**, v. 34, n. 3, p. 283-300, 1993.
- LADIKOS D and Lougovoï V. Lipid Oxidation in Muscle Foods: A Review. **Food Chemistry**. 1990; 35: 295-314.
- LAWRIE, Ralston Andrew; LEDWARD, David. Lawrie's meat science. **Woodhead Publishing**, 2014.
- LEBRET, Bénédicte; ČANDEK-POTOKAR, M. Pork quality attributes from farm to fork. Part II. Processed pork products. **Animal**, v. 16, p. 100383, 2022.
- LEE, S. et al. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. **Meat Science**, v. 55, n. 4, p. 385-389, 2000.
- LEYGONIE, Coleen; BRITZ, Trevor J.; HOFFMAN, Louwrens C. Impact of freezing and thawing on the quality of meat. **Meat science**, v. 91, n. 2, p. 93-98, 2012.
- LISTRAT A, Lebet B, et al. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. **The Scientific World Journal**. 2016; 2016: 14.
- MARCHI, Antonio. O consumo de carne suína no Brasil. In: Conferência internacional virtual sobre qualidade de carne suína. 2001. p. 29.
- PEARCE KL, Rosenvold K, Andersen HJ and Hopkins DL. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes--a review. **Meat science**. 2011; 89: 111-24.
- PRATA L.F. & Fukuda R.T. 2001. **Fundamentos de Higiene e Inspeção de carnes**, p.5-11. Funep, Jaboticabal, São Paulo.
- Pauly, Carine, et al. "Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted—Results of a meta-analysis study." **Meat Science**. 2012. 858-862.
- R CORE TEAM (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Roça, R.O. Propriedade da Carne. 2009. Available online: <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca105.pdf>. Acesso em: 25 novembro de 2024.

ROOKE JA, Flockhart JF and Sparks NH. The potential for increasing the concentrations of micro-nutrients relevant to human nutrition in meat, milk and eggs. **The Journal of Agricultural Science**. 2010; 148: 603-14.

ROSENVOLD, Katja; ANDERSEN, Henrik J. Factors of significance for pork quality—a review. **Meat science**, v. 64, n. 3, p. 219-237, 2003.

SGARBIERI, V.C. Proteínas em alimentos protéicos. São Paulo, SP: Varela, 1996. p. 517.

SHAFIUR Rahman M. Food Preservation. **Handbook of Food Preservation**, Second Edition. CRC Press, 2007, p. 3-17.

ŠKRLEP, M.; KAVAR, T.; ČANDEK-POTOKAR, M. Comparison of PRKAG3 and RYR1 gene effect on carcass traits and meat quality in Slovenian commercial pigs. **Czech Journal of Animal Science**, v. 55, n. 4, p. 149-159, 2010.

TERLOUW, Claudia et al. Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing. **Meat Science**, v. 118, p. 133-146, 2016.

TERLOUW, Claudia et al. Understanding the determination of meat quality using biochemical characteristics of the muscle: stress at slaughter and other missing keys. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 84, 2021.

TORRES EAFS, Campos NC, Duarte M, Garbelotti ML, Phillipi ST and Minazzi-Rogrigues RS. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Food Science and Technology**. 2000; 20: 145-50.

VAN DER WAL, P.G.; ENGEL, B.; REIMERT, H.G.M. The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality. **Meat Science**, v.53, p.101-106, 1999.

VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; BOUCQUÉ, Ch V. Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus on-line screening methods. **Meat science**, v. 51, n. 4, p. 313-320, 1999.

WARNER, R. Measurement of meat quality. **Measurements of Water-holding Capacity and Color: Objective and Subjective**, v. 2, p. 164-171, 2014.